Aus dem Institut für Allgemeine Hygiene der
Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. med. H. Rüden

UNTERSUCHUNGEN ÜBER KEIMDICHTE UND KEIMSPEKTRUM IN KRANKENHAUSABFÄLLEN

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Helga Wiegand
Darmstadt
1985

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549620_0019

Aus dem Institut für Allgemeine Hygiene der
Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr.med.H.Rüden

UNTERSUCHUNGEN ÜBER KEIMDICHTE UND KEIMSPEKTRUM IN KRANKENHAUSABFÄLLEN

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Helga Wiegand
Darmstadt

Referent: Professor Dr.med.H.Rüden
Korreferent: Professor Dr.H.Raettig

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 2. Juli 1985

Inhaltsverzeichnis

1 **Einleitung**..... 8

2 **Material und Methoden**..... 16
2.1 Herkunft des Untersuchungsmaterials..... 16
2.2 Probensammlung..... 16
2.3 Probenumfang..... 17
2.4 Probenaufbereitung..... 17
2.5 Mikrobiologische Untersuchungen..... 19
2.5.1 Bestimmung der Durchmischungszeit..... 19
2.5.2 Bestimmung der Grundkontamination des Suspensionsmediums..... 20
2.5.3 Nachweis von Desinfektionsmittelresten im Eluat.. 20
2.5.4 Ermittlung des Keimgehaltes und Keimspektrums des Eluates..... 21
2.6 Statistische Methoden..... 23
2.6.1 Allgemeines..... 24
2.6.2 Kriterien zur Auswahl der statistischen Testmethoden..... 25
2.6.3 Vergleich der Lage der Keimkonzentrationen..... 26
2.6.3.1 Durchführung des U-Tests..... 27
2.6.4 Statistischer Vergleich der Dispersion der Keimkonzentrationen..... 28
2.6.4.1 Durchführung des Rangdispersionstests..... 29

3 **Ergebnisse**..... 30
3.1 Qualitative Beschreibung der verschiedenen Abfallarten 30
3.1.1 Privathaushalt..... 30
3.1.2 Normalpflegestation..... 30
3.1.3 Intensivpflegestation..... 31
3.1.4 Operationsabteilung..... 33
3.2 Bestimmung der Durchmischungszeit..... 33
3.3 Bestimmung der Grundkontamination des Suspensionsmediums..... 33
3.4 Nachweis von Desinfektionsmittelresten im Eluat.... 34

3.5 Keimkonzentrationen (KBE/g) 34
3.5.1 Absolute Werte der Keimkonzentationen 34
3.5.1.1 Privathaushalt 35
3.5.1.1.1 Aerobe Bakterien 35
3.5.1.1.2 Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien ... 37
3.5.1.1.3 Gramnegative Bakterien 38
3.5.1.1.4 D-Streptokokken 39
3.5.1.2 Normalpflegestation 39
3.5.1.2.1 Aerobe Bakterien 39
3.5.1.2.2 Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien ... 39
3.5.1.2.3 Gramnegative Bakterien 40
3.5.1.2.4 D-Streptokokken 42
3.5.1.3 Intensivpflegestation 42
3.5.1.3.1 Aerobe Bakterien 42
3.5.1.3.2 Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien ... 42
3.5.1.3.3 Gramnegative Bakterien 43
3.5.1.3.4 D-Streptokokken 44
3.5.1.4 Operationsabteilung 45
3.5.1.4.1 Aerobe Bakterien 46
3.5.1.4.2 Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien ... 47
3.5.1.4.3 Gramnegative Bakterien 47
3.5.1.4.4 D-Streptokokken 47
3.5.2 Vergleich der mittleren Keimkonzentrationen 47
3.5.2.1 Vergleich zwischen Haushalts- und Krankenhausabfällen 47
3.5.2.1.1 Aerobe Bakterien 47
3.5.2.1.2 Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien ... 48
3.5.2.1.3 Gramnegative Bakterien 49
3.5.2.1.4 D-Streptokokken 49
3.5.2.2 Vergleich zwischen den Krankenhausabfällen 49
3.5.2.2.1 Aerobe Bakterien 49
3.5.2.2.2 Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien ... 50
3.5.2.2.3 Gramnegative Bakterien 50
3.5.2.2.4 D-Streptokokken 51
3.5.3 Vergleich der Streuung der Keimkonzentrationen ... 51
3.5.4 Statistischer Vergleich der Lage- und Dispersionsparameter 52

3.5.4.1 Test signifikanter Mittelwertsunterschiede..... 52
3.5.4.1.1 Test zwischen Haushalts- und Krankenhaus-
abfällen..... 52
3.5.4.1.2 Test zwischen den Krankenhausabfällen..... 53
3.5.4.2 Test signifikanter Dispersionsunterschiede..... 56
3.5.4.2.1 Test zwischen Haushalts- und Krankenhaus-
abfällen..... 57
3.5.4.2.2 Test zwischen den Krankenhausabfällen..... 58
3.6 Relative Häufigkeit einzelner Keimgruppen..... 59
3.6.1 Keimgruppenanteile der Abfallarten..... 61
3.6.1.1 Privathaushalt..... 61
3.6.1.2 Normalpflege..... 64
3.6.1.3 Intensivpflege..... 64
3.6.1.4 Operationsabteilung..... 65
3.6.2 Vergleich der mittleren Keimgruppenanteile..... 66
3.6.2.1 Vergleich zwischen Haushalts- und Krankenhaus-
abfällen..... 66
3.6.2.2 Vergleich zwischen den Krankenhausabfällen..... 67
3.6.3 Vergleich der Streuung der Keimgruppenanteile.... 68
3.7 Keimspektrum..... 70
3.7.1 Nachweishäufigkeiten der Species und Gattungen in
den Abfallarten..... 70
3.7.1.1 Privathaushalt..... 72
3.7.1.2 Normalpflege..... 73
3.7.1.3 Intensivpflege..... 73
3.7.1.4 Operationsabteilung..... 74
3.7.2 Vergleich der Nachweishäufigkeiten..... 74
3.7.2.1 Vergleich zwischen Haushalts- und Krankenhaus-
abfällen..... 74
3.7.2.1.1 Normalpflege / Privathaushalt..... 74
3.7.2.1.2 Intensivpflege / Privathaushalt..... 76
3.7.2.1.3 Operationsabteilung / Privathaushalt..... 77
3.7.2.2 Vergleich zwischen Krankenhausabfällen..... 77
3.7.2.2.1 Intensivpflege / Normalpflege..... 77
3.7.2.2.2 Operationsabteilung / Normalpflege..... 79
3.7.2.2.3 Operationsabteilung / Intensivpflege..... 79

4 **Diskussion** 80
4.1 Probenaufbereitung 81
4.2 Qualitative Zusammensetzung von Haushalts- und Krankenhausabfällen 81
4.3 Keimkonzentrationen 82
4.3.1 Absolute Werte der Keimkonzentrationen 84
4.3.1.1 Privathaushalt 84
4.3.1.2 Normalpflege 84
4.3.1.3 Intensivpflege 84
4.3.1.4 Operationsabteilung 85
4.3.2 Vergleich der mittleren Keimkonzentrationen 85
4.3.3 Vergleich der Streuung der Keimkonzentrationen ... 86
4.3.4 Statistischer Vergleich der Lage und Dispersionsparameter 86
4.3.4.1 Test signifikanter Mittelwertsunterschiede 86
4.3.4.2 Test signifikanter Dispersionsunterschiede 87
4.4 Relative Häufigkeit einzelner Keimgruppen 88
4.4.1 Keimgruppenanteil der Abfallarten 88
4.4.1.1 Privathaushalt 88
4.4.1.2 Normalpflege 88
4.4.1.3 Intensivpflege 88
4.4.1.4 Operationsabteilung 89
4.4.2 Vergleich der mittleren Keimgruppenanteile 89
4.4.3 Vergleich der Streuung der Keimgruppenanteile 89
4.5 Keimspektrum 90
4.5.1 Nachweishäufigkeiten der Species und Gattungen in den Abfallarten 90
4.5.1.1 Privathaushalt 90
4.5.1.2 Normalpflege 91
4.5.1.3 Intensivpflege 91
4.5.1.4 Operationsabteilung 91
4.5.2 Vergleich der Nachweishäufigkeiten zwischen den Abfallarten 91
4.6 Vergleich der Untersuchungergebnisse mit den Befunden anderer Autoren 93

4.7 Bewertung der Ergebnisse..... 96
4.7.1 Zum Infektionsrisiko von Krankenhausabfällen im Krankenhaus 96
4.7.2 Zum Infektionsrisiko von Krankenhausabfällen aus der Sicht der Siedlungshygiene..... 98
4.7.3. Zur Entsorgung von Krankenhausabfällen 102

5.0 Zusammenfassung..... 106

6.0 Literatur..... 108

Lebenslauf..... 114

1.0 Einleitung

Die Entsorgung von Abfällen aus Krankenhäusern ist innerhalb der letzten Jahrzehnte zu einem viel diskutierten Problem geworden.

Hierfür sind mehrere Gründe anzuführen:

- Krankenhausabfälle können Bestandteile enthalten, die für Krankenhaus- und Siedlungshygiene sowie Umwelt ein Infektionspotential darstellen; diese können nicht mit dem normalen Hausmüll auf die übliche Weise entsorgt werden (1, 3, 6, 7).

- Durch den steigenden Gebrauch von Einmalartikeln ist es zu einer deutlichen Zunahme der Gesamtabfallmenge gekommen und damit zu einer Kostensteigerung der Entsorgung von Krankenhausabfällen. Die Schwankungsbreite der Angaben über die Gesamtabfallmengen liegen in der Bundesrepublik Deutschland zwischen 0,5 - 5,0 kg je Bett und Tag (Barniske, 14, 15). Für die USA werden noch höhere Werte angegeben (Block und Netherton, 16; Litsky, 36). Die unterschiedlichen Angaben lassen sich auf Größe und Aufgabengebiet der einzelnen Krankenhäuser zurückführen.

- Die Verbrennung des gesamten Krankenhausmülls in älteren, kleineren, krankenhauseigenen Anlagen ist heute aus Immissionsschutzgründen nicht mehr zulässig, denn unter anderem enthalten die Abfälle einen hohen Kunststoffanteil. Werden polyvinylchloridhaltige Abfälle verbrannt, so kann es zum Entweichen von HCl über die Kamine kommen. Des weiteren können Schwebstoffe, sowie SO_2 und NO_x zu einer Umweltbelastung führen. Bei nicht sachgemäßer Bedienung der Verbrennungsanlagen nach DIN 58990 "Verbrennungsanlagen für Abfälle aus Kliniken, sonstigen Einrichtungen des Gesund-

heitswesens und Arztpraxen" (8) können die Grenzwerte der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft) (10) überschritten werden.

Deshalb besteht aus hygienischer, wirtschaftlicher und umweltpolitischer Sicht ein Interesse Krankenhausabfälle entsprechend ihrem Infektionsgefährdungsgrad zu unterteilen.

Bei Krankenhausabfällen sind unter dem Gesichtspunkt der Infektionsverhütung im Krankenhaus- und Siedlungsbereich nach der Anlage "Anforderungen der Hygiene an die Abfallentsorgung" zu Ziffer 6.8 der Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen (7), wie in Tabelle 1 dargestellt, drei Abfallarten nach dem Grad ihres Infektionspotentials zu unterscheiden.

Für hausmüllähnliche Abfälle der Gruppe A wird kein Infektionsrisiko im Krankenhaus- und Siedlungsbereich angenommen.

In Gruppe B sind krankenhausspezifische Abfälle aus dem Pflege- und Operationsbereich zusammengefaßt, die mit Blut, Sekreten oder Exkreten behaftet sein können. Von diesen Abfällen wird befürchtet, daß sie fakultativ pathogene Infektionserreger enthalten können und dadurch zu nosokomialen Infektionen bei abwehrgeschwächten Patienten führen können. Die Ursache dafür, daß Patienten in Krankenhäusern an Infektionen durch nosokomiale Keime, wie Staphylococcus aureus und Pseudomonas aeruginosa erkranken ist aber weniger eine ausgeprägte Pathogenität der Keime, als die lokal oder allgemein reduzierte Abwehr des Patienten.

Krankenhausabfälle, die obligat pathogene Infektionserreger nach dem Bundesseuchengesetz (BSeuchG) (3) enthalten können, sind in Gruppe C aufgeführt. Hierbei handelt es sich um Abfälle aus Infektionsstationen, Dialysestationen, medizinischen

Gruppe A:
Abfälle, die keiner besonderen Maßnahmen zur Infektionsverhütung bedürfen

- hausmüllähnliche Abfälle

Gruppe B:
Abfälle, die beim Sammeln, ggf. beim Tranportieren innerhalb des Krankenhauses Maßnahmen zur Infektionsverhütung bedürfen

- Abfälle, die mit Blut, Sekreten oder Exkreten behaftet sind z.B. (Wundverbände, Stuhlwindeln, Einmalspritzen, Kanülen).

Gruppe C:
Abfälle, die beim Sammeln, Transportieren, Lagern innerhalb des Krankenhauses sowie beim Beseitigen besonderer Maßnahmen zur Infektionsverhütung bedürfen

- Abfälle (z.B. aus Infektionsstationen, Dialysestationen, medizinischen Laboratorien und Prosekturen), die auf Grund §10a des Bundesseuchengesetzes (3) behandelt werden müssen.

- Versuchstiere, deren Beseitigung nicht durch das Tierkörperbeseitigungsgesetz (4) geregelt ist, sowie Streu und Exkremente aus Versuchtieranlagen, soweit eine Verbreitung von Krankheitserregern zu befürchten ist.

Tabelle 1: Einteilung infektiöser Krankenhausabfälle nach der Entsorgungsrichtlinie "Anforderungen der Hygiene an die Abfallentsorgung" (7)

Laboratorien und Prosekturen. Für diese Abfälle wird ein Infektionsrisiko im Krankenhaus- sowie Siedlungsbereich angenommen.

Im Gegensatz zur Anlage "Anforderungen der Hygiene an die Abfallentsorgung zu Ziffer 6.8 der Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen (7) behandeln weitere in der Bundesrepuplik Deutschland bestehende gesetzliche Grundlagen und Richtlinien zur Entsorgung von Krankenhausabfällen die Krankenhausabfälle nur unter dem Gesichtspunkt der Infektionsverhütung im Siedlungsbereich, also außerhalb des Krankenhauses.

Das Bundesseuchengesetz (BSeuchG) (3) schreibt in § 10a vor, daß Gegenstände, die mit Erregern meldepflichtiger übertragbarer Krankheiten behaftet sind oder wenn dies anzunehmen und dadurch eine Verbreitung der Krankheit zu befürchten ist, vernichtet werden sollen, wenn keine anderen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr ausreichen. Bei nicht meldepflichtigen übertragbaren Krankheiten können diese Maßnahmen auch angeordnet werden, wenn diese Krankheiten in epidemischer Form auftreten. Es soll damit gewährleistet sein, daß kein infektiöser Müll die Öffentlichkeit im Siedlungsbereich gefährdet.

§2 des Abfallbeseitigungsgesetzes (AbfG) (1) besagt, daß die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen sowie die Umwelt durch Abfälle nicht beeinträchtigt werden dürfen. An Abfälle, die Erreger übertragbarer Krankheiten im Sinne des BSeuchG (3) enthalten, sind zusätzliche Anforderungen hinsichtlich ihrer Beseitigung zu stellen. Welche Abfälle dies sind, ist in der "Verordnung zur Bestimmung von Abfällen" nach §2 Abs. 2 AbfG festgelegt (2). Als Herkunftsort solcher Abfälle werden Krankenhäuser mit mindestens einer der folgenden Abteilungen: Blutbank, Chirurgie, Dialysestation, Geburtshilfe, Gynäkologie, Infektionsstation, Mikrobiologie, Pathologie oder Virologie genannt.

Auch im ZfA-Merkblatt Nr. 8 der Zentralstelle für Abfallbeseitigung (6) wird die Entsorgung von Abfällen aus Krankenhäusern, Arztpraxen und Laboratorien nur unter dem Gesichtspunkt der Siedlungshygiene gesehen. Hierbei werden, wie in Tabelle 2 dargestellt, drei Gruppen von Abfällen nach Art der vorzunehmenden Endbeseitigung unterschieden.

In Gruppe 1 werden Abfälle zusammengefaßt für die kein Infektionsrisiko im Siedlungsbereich angenommen wird. Hierbei handelt es sich um hausmüllähnliche Abfälle, desinfizierte Krankenhausabfälle aus Infektionsstationen und Laboratorien sowie die in Gruppe B der Entsorgungsrichtlinie "Anforderungen der Hygiene an die Abfallentsorgung" (7) zusammengefaßten krankenhausspezifischen Abfälle aus dem Pflege- und Operationsbereich, die fakultativ pathogene Infektionserreger enthalten können.

In Gruppe 2 werden verschiedene Krankenhausabfälle aufgeführt die zur Infektionsverhütung im Siedlungsbereich im allgemeinen verbrannt werden müssen. Hierzu zählen menschliche Körperteile und Organreste, die in erster Linie aus ethischen und ästhetischen Gründen und weniger wegen des - in der Regel geringen - Infektionsrisikos verbrannt werden müssen. Weiterhin gehören dazu Krankenhausabfälle entsprechend Abfallgruppe C der Entsorgungsrichtlinie "Anforderungen der Hygiene an die Abfallentsorgung" (7), von denen befürchtet wird, daß sie Erreger übertragbarer Krankheiten nach dem BSeuchG (3) enthalten und zur Ausbreitung dieser Krankheiten im Siedlungsbereich führen können.

Gruppe 3 beinhaltet Abfälle, die besonderer Maßnahmen bedürfen, aber kein Infektionsrisiko beinhalten. Die Gefahren, die bei der Zusammenführung von Abfällen der Gruppe 3 mit Hausmüll entstehen sind bekannt (Knorr, 34), ihre Entsorgung ist gesetzlich geregelt (1, 4, 5).

Gruppe 1:
Abfälle, die grundsätzlich jeder Beseitigungsmethode zugänglich sind

- Abfälle, die nach Art und mengenmäßiger Zusammensetzung dem Hausmüll entsprechen,
- Wundverbände, Gipsverbände, Einwegwäsche, Einwegartikel einschließlich Einwegspritzen (wenn unbenutzbar gemacht),
- desinfizierte Abfälle aus Infektionskliniken, Infektionsstationen, mikrobiologischen Instituten und anderen medizinischen Einrichtungen, in denen mikrobiologisch gearbeitet wird,
- Streu und Exkremente aus Tierversuchsanstalten, durch die eine Übertragung von Krankheitserregern nicht zu besorgen ist,
- Abfälle aus Arzt- und Tierarztpraxen.

Gruppe 2:
Abfälle, die im allgemeinen verbrannt werden müssen

- Körperteile und Organabfälle aus dem Bereich der Pathologie, Chirurgie, Gynäkologie und Geburtshilfe, Blutbank u.a.,
- Abfälle, die nach § 10a Abs. 1 BSeuchG vernichtet werden müssen,
- Versuchstiere, soweit deren Beseitigung nicht durch das Tierkörperbeseitigungsgesetz geregelt ist,
- Streu und Exkremente aus Tierversuchsanstalten, durch die eine Übertragung von Krankheitserregern zu besorgen ist.

Gruppe 3:
Abfälle, die einer besonderen Behandlung bedürfen

- Speise- und Küchenabfälle, soweit sie wegen zu großer Menge nicht unter Gruppe 1 einzuordnen sind,
- Medikamente und Chemikalien, soweit sie wegen zu großer Menge nicht unter Gruppe 1 einzuordnen sind,
- besondere Abfälle, z.B. explosive Stoffe und brennbare Flüssigkeiten.

Tabelle 2: Einteilung der Krankenhausabfälle nach dem ZfA Merkblatt 8 (7)

Den Hauptanteil der Gesamtabfallmenge in Krankenhäusern stellen krankenhausspezifische Abfälle aus dem Pflege- und Operationsbereich dar, die mit fakultativ pathogenen Infektionserregern kontaminiert sein können (Hueber et al., 32). Die Infektiosität dieser Abfälle ist häufigster Diskussionspunkt in der Literatur. Da - von zwei Ausnahmen abgesehen (Althaus et al., 12; Burchinal, 19) - für Abfälle aus dem Pflege- und Operationsbereich keine empirischen Daten zur Beurteilung des Infektionsrisikos vorliegen, beruhen die Aussagen zur Infektiosität dieser Abfälle nur auf Annahmen. Im Gegensatz zur Entsorgungsrichtlinie "Anforderungen der Hygiene an die Abfallentsorgung" (7) wird in der Literatur fast ausnahmslos die Ansicht vertreten, daß Krankenhausabfälle, die nicht nach dem BSeuchG (3) zu entsorgende fakultativ pathogene Erreger enthalten, ein Infektionspotential für die Siedlungshygiene darstellen (Anna u. Klie, 13; Böhm u. Schmiedel, 18; Förch u. Seyfried, 22; Knoll, 33; Matthies, 37; Reichelt, 42, 43; Schindel, 46, 47; Steuer, 50; Swatek u. Rimmasch, 51). Unter diesen Voraussetzungen wird die Entsorgung von Abfällen aus dem Pflege- und Operationsbereich überwiegend unter dem Aspekt der Infektionsverhütung im Siedlungsbereich diskutiert, Probleme der Krankenhaushygiene nehmen sehr viel weniger Raum ein (Sander, 45).

In dieser Arbeit sollen empirische Daten über die Kontamination von krankenhausspezifischen Abfällen aus dem Pflege- und Operationsbereich mit fakultativ pathogenen Infektionserregern gewonnen werden. Die experimentellen Ergebnisse sollen als Grundlage zur Beurteilung des Infektionspotentials von Abfällen einzelner Krankenhausabteilungen dienen. Bestehende gesetzliche Regelungen, Empfehlungen und Maßnahmen zur Infektionsverhütung durch Krankenhausabfälle im Krankenhaus- und Siedlungsbereich sollen anhand des ermittelten Infektionspotentials überprüft werden.

Für die Untersuchungen soll eine Methode zur Keimeluierung von Abfallteilen entwickelt werden, die es gestattet, die Abfälle unsortiert und in der Zusammensetzung und Menge zu verarbeiten, wie sie an einem Tag auf einer Krankenhausstation anfallen.

In krankenhausspezifischen Abfällen aus dem Pflege-, Intensiv- und Operationsbereich sollen die Gesamtkeimkonzentrationen aerober Bakterien, fakultativ anaerober und anaerober Bakterien, gramnegativer Bakterien und D-Streptokokken ermittelt werden.

Als weiteres Charakterisierungsmerkmal der Abfallarten soll die Identifizierung einiger Bakterienspecies aus der Gruppe der nosokomialen Infektionserreger erfolgen.

Der siedlungshygienische Aspekt soll durch Vergleich der Keimkonzentationen und des Keimspektrums in Hausmüllproben aus Einfamilienhaushalten berücksichtigt werden.

2.0 Material und Methoden

2.1 Herkunft des Untersuchungsmaterials

Die Probennahme erfolgte von April bis Juli 1982 in einem großen städtischen Krankenhaus, und in mehreren Einfamilienhaushalten.

Aus dem breiten Spektrum des Krankenhausmülls wurden Abfallproben einer Normalpflegestation, einer Intensivpflegestation und einer Operationsabteilung der Chirurgie zur Sammlung ausgewählt.

2.2 Probensammlung

Auf den einzelnen Stationen des Krankenhauses wurde der gesamte krankenhausspezifische Müll durch das Pflegepersonal ohne Trennung in Plastiksäcken von 70 l Fassungsvermögen gesammelt.

Als Proben wurden Abfälle verwendet, die während eines Tages angefallen waren. Der Müll wurde direkt von der Station in das Untersuchungsinstitut überführt und unsortiert in den verschlossenen Plastiksäcken belassen.

Die Hausmüllproben enthielten ebenfalls die Abfälle von einem Tag.

Wenn die Proben nicht sofort verarbeitet werden konnten, wurden die verschlossenen Plastiksäcke bei 4 Grad Celsius aufbewahrt. Zwischen Sammlung und Probenaufbereitung lagen nie mehr als 18 Stunden.

2.3 Probenumfang

Wie aus Tabelle 3 hervorgeht, wurden während des Untersuchungszeitraums 15 Krankenhausabfallproben der Normalpflege, 14 Proben der Intensivpflege und 10 Proben der Operationsabteilung der Chirurgie sowie 10 Haushaltsabfallproben aus Einfamilienhaushalten gesammelt. Insgesamt umfasste die Sammlung 49 Proben.

Probenherkunft	Probenzahl
Normalpflege	15
Intensivpflege	14
Operationabteilung	10
Gesamtzahl aus dem Krankenhausbereich	39
Haushaltsabfall	10
Gesamtprobenzahl	49

Tabelle 3: Zahl der untersuchten Abfallproben der Normalpflege, Intensivpflege und Operationsabteilung der Chirurgie eines großen Krankenhauses und Anzahl der Haushaltsabfallproben aus Einfamilienhaushalten.

2.4 Probenaufbereitung

Zur Probenverarbeitung wurde eine Methode entwickelt, die es gestattet, den Abfall unsortiert und in der Zusammensetzung und Menge zu verarbeiten, wie er am jeweiligen Probennahmetag anfiel.

Anfängliche Versuche, den Müll in verschiedenen Mühlen zu zerkleinern, scheiterten an den stofflichen Bestandteilen des Abfalls. Durch Glas- und Metallteile konnte es zu Beschädigungen der Mühlen kommen. Feuchte Weichteilabfälle wie Binden, Pflaster oder auch Bananenschalen widersetzten sich dem Granulierungsvorgang. Zusätzlich war die Reinigung und Desinfektion der Mühlen durch schwer zugängliche Innenräume der Maschinen und zwischen den Schneiden festgesetzte Müllbestandteile erschwert. Da bei dieser Methode eine Vorsortierung des Mülls hätte stattfinden müssen und für die einzelnen Abfallbestandteile verschiedene Zerkleinerungsmaschinen notwendig gewesen wären, wurde diese Methode wieder aufgegeben.

In dieser Arbeit fand ein Verfahren, das im Institut für Allgemeine Hygiene für diese Arbeit entwickelt wurde, Anwendung. Dieses Verfahren gestattet, den gesamten Abfall einer Probe unzerkleinert zu eluieren.

Hierzu wurde ein 280 Liter fassender Mörtelmischer, dessen Trommel im Innern mit einem lösungsmittelbeständigen Kunststoff ausgekleidet war, verwendet. Die Trommel wurde mit einem dichtschließenden Edelstahldeckel versehen, in dem ein Stutzen für Zu- und Ablauf von Flüssigkeit eingelassen war. Um nach Probenaufbereitung ein schwebteilfreies Eluat zu erhalten, wurde auf der Innenseite des Deckels ein Haarsieb über der Stutzenöffnung angebracht.

Die für Desinfektion der Trommel und Probenaufarbeitung benötigten Volumina deionisierten Wassers und NaCl-Lösung(9g/l), mit Zusatz von Tween 80 (5ml/l), wurden durch ein Membranfilter mit einem Porendurchmesser von 0,45 Mikrometer sterilfiltriert und über zuvor autoklavierte Schläuche der Trommel zugeleitet.

Vor jeder Probenaufbereitung wurde das Trommelinnere mit ca. 50ml Isopropylalkohol (70 %; V/V) flächendesinfiziert. Nach 20 min Einwirkzeit wurde die Trommel zweimal mit 5 Liter

sterilfiltriertem deionisierten Wasser gespült. Zur Suspendierung der Müllprobe wurden 20 l sterilfiltrierte NaCl-Lösung (9 g/l) mit Zusatz von Tween 80 (5 ml/l) - zur besseren Desorption der Keime von den Abfallteilen - in die Trommel eingelassen. Vom Suspensionsmedium wurden 10 ml zur Bestimmung der Grundkontamination entnommen.

Vor Zugabe der Müllprobe wurden die verschlossenen Plastiksäcke zur Bestimmung des Frischgewichtes ausgewogen. Unter Vermeidung von Fremdkontamination wurde der gesamte Inhalt eines Sackes in die Mischtrommel gegeben. Anschließend wurde die Müllsuspension für 30 min bei 30 U/min durchgemischt. Diese Zeit war in einem Vorversuch (Entnahme von Eluat nach 0, 15, 30 und 60 Minuten) als optimal ermittelt worden.

Während der Durchmischung wurde Papier und Zellstoff zerfasert, Glas-, Holz-, Metall- und Textilbestandteile wurden durchtränkt und gespült. Nach Beendigung der Durchmischungszeit wurden 100 ml überstehendes Eluat zur mikrobiologischen Weiterverarbeitung abgenommen. Zu jeder Probe erfolgte eine qualitative Beschreibung der Müllzusammensetzung.

2.5 Mikrobiologische Untersuchungen

Zur Herstellung von Verdünnungsreihen aus Eluat oder Suspensionsmedium wurde sterile NaCl-Lösung (9 g/l) verwendet. Es wurde jeweils in 2 Parallelen auf die entsprechenden Nährböden ausplattiert.

2.5.1 Bestimmung der Durchmischungszeit

Das bei einer Probenaufarbeitung nach 0, 15, 30 und 60 Minuten entnommene Eluat wurde in den Verdünnungsstufen von 10^{-2} bis 10^{-6} auf Standard I-Nähragar (Merck 7881), einem Nährboden für aerobe Bakterien, ausplattiert. Nach 48-stündiger aerober

Inkubation bei 30 Grad Celsius wurde die Koloniezahl ermittelt.

2.5.2 Bestimmung der Grundkontamination des Suspensionsmediums

Suspensionsmedium wurde in einer Verdünnung von 10^{-1} und 10^{-2} auf Blut-Agar ausgespatelt:

Blut-Agar (B): Caseinpepton-Sojabohnenmehlpepton-Agar (Oxoid CM 131) mit Zusatz von 50 ml/l Schafblut, defibriniert (BAG 3005).
Keimgruppe: aerobe Bakterien.
Es erfolgte die Zählung der Kolonien nach 48-stündiger aerober Bebrütung bei 37 Grad Celsius.

2.5.3 Nachweis von Desinfektionsmittelresten im Eluat

Hierzu wurde 10 ml Eluat sterilfiltriert. Aus jeweils zwei mit Staphylococcus aureus bzw. Escherichia coli beimpften Casein-Sojabohnenmehlpepton-Agar-Platten (Oxoid CM 131) wurde ein Kreis mit 0,5 cm Durchmesser ausgestanzt. In die Öffnungen wurde jeweils 0,1 ml Sterilfiltrat pipettiert.

Nach 48-stündiger aerober Bebrütung bei 37 Grad Celsius wurde auf das Vorhandensein eines Hemmhofes geprüft.

2.5.4 Ermittlung des Keimgehaltes und Keimspektrums des Eluates

Hierzu wurde Eluat in den entsprechenden Verdünnungsstufen auf folgende Nährböden ausplattiert:

Blut-Agar (B): Caseinpepton-Sojabohnenmehlpepton-Agar (Oxoid M 31) mit Zusatz von 50 ml/l Schafblut, defibriniert (BAG 3005)
Keimgruppe: aerobe Bakterien
Verdünnungsstufen: 10^{-2}.... 10^{-7}

Clostridien-Selektiv-Agar (CS): (Oxoid M 5466)
Keimgruppe: Da ein aerobes Wachstum der Keime nicht zusätzlich überprüft wurde, handelt es sich um fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien.
Verdünnungsstufen: 10^{-2}....10^{-5}

Endo-Agar (E): Endo-Agar-Grundsubstrat (Oxoid CM 479) mit Zusatz von 4 ml/l äthanolischer Fuchsinlösung (100 g/l) (Chroma-GmbH)
Keimgruppe: gramnegative Bakterien
Verdünnungsstufen: 10^{-2}.... 10^{-5}

Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar (K): (Oxoid M 5222)
Keimgruppe: D-Streptokokken
Verdünnungsstufen: 10^{-2}.... 10^{-5}

Die Platten mit Blutagar, Endo-Agar und Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar wurden für 48 Stunden bei 37 Grad Celsius aerob inkubiert. Clostridien-Selektiv-Agar wurde unter gleichen Bedingungen im Anaerobiertopf mit BBl-Gaspack (Becton -Dickinson, Nr. 70304) anaerob inkubiert.

Auf den Platten mit Blutagar und Clostridien-Selektiv-Agar wurden die Gesamtkolonienzahlen ermittelt. Auf den Differentialnährböden Endo-Agar und Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar wurden nur Kolonien mit positiver Reaktion gezählt: laktosepositive, dunkelrote Kolonien mit Fuchsinglanz auf Endo-Agar und äskulinpositive, braunschwarze Kolonien mit schwarzem Hof auf Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar.

Eine weitere Differenzierung des Keimspektrums erfolgte bei 8 Müllproben der Normalpflege, 6 der Intensivpflege, 9 der Operationsabteilung und 9 Hausmüllproben. Hierbei wurden stichprobenartig ausgewählte Kolonien gramnegativer Bakterien von Blut- und Endo-Agar, Staphylococcus aureus-verdächtige Kolonien von Blutagar und äskulinpositive Kolonien von Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar der weiteren Spezifizierung zugeführt.

Die Kolonien gramnegativer Bakterien wurden auf McConkey-Agar Nr. 3 (BAG 7638) ausgestrichen und nach 36-stündiger aerober Inkubation bei 37 Grad Celsius im API-System identifiziert.

Staphylococcus aureus verdächtige Kolonien wurden durch positive Reaktion auf folgenden Nährböden bestätigt:

Mannit Kochsalz-Agar: (BAG 7645)
Inkubation: aerob, 36 h, 37 Grad Celsius
positive Reaktion: gelbliche bis gelbe Kolonien mit hellgelbem Hof

DNase-Agar: (Oxoid X 444)
Inkubation: aerob, 18 h, 37 Grad Celsius
positive Reaktion: Nach Überschwemmung der Kultur mit 1 n HCl entstehen um eine positive Kolonie keine Ausfällungen.

Phosphatase-Agar: Caseinpepton-Sojabohnenmehlpepton-Agar (Oxoid M 31) mit Zusatz von Phenolphthaleinphosphorsäuretetracolaminsalz (Merck Nr. 24533)
Inkubation: aerob, 24 h, 37 Grad Celsius
positive Reaktion: Der Nährboden wird den Dämpfen einer konzentrierten Ammoniaklösung ausgesetzt. Die positiven Kolonien nehmen innerhalb einer Minute eine rosarote Farbe an.

Äskulinpositive Kolonien von Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar wurden mit dem Streptex-System (Wellcome GmbH) als D-Streptokokken indentifiziert.

2.6 Statistische Methoden

Da es sich bei allen Meßwerten um Keimkonzentrationen handelt und die gleiche Meßmethode verwendet wird, ist es gerechtfertigt anzunehmen, daß die Einzelmeßergebnisse für alle Abfallarten die gleiche Verteilungsform haben.Die Verteilungen der Keimkonzentrationen der vier Müllsorten können aber unterschiedliche Lageparameter und Dispersionsmaße besitzen.

Eine Normalverteilung der Meßwerte ist nicht zu erwarten, da es keine Werte kleiner Null gibt, aber viele Meßwerte den Wert Null annehmen können; desweiteren können einzelne hohe Meßwerte auftreten und zu einem flachen Auslaufen der Verteilungskurve nach rechts führen. Es wird deshalb keine Aussage zur Art der Verteilung der Meßwerte der einzelnen Stichproben getroffen.

Unter der berechtigten Annahme, daß die Einzelmeßergebnisse für alle Müllsorten die gleiche Verteilungsform haben, werden Unterschiede der Lageparameter und Dispersionsmaße auf Signifikanz getestet.

Als Lageparameter wurde der Median gewählt, da er unempfindlich gegen Ausreißer ist. Da durch den Median die Streuung der Meßwerte nicht berücksichtigt wird, werden ebenso signifikante Unterschiede der Dispersion getestet.

2.6.1. Allgemeines

Statistisch getestet wird immer eine Hypothese. Diese sogenannte Nullhypothese wird, je nach Testergebnis, entweder akzeptiert oder verworfen. Der Fall, daß die Nullhypothese verworfen wird, wird auch oft als Akzeptieren der Alternativhypothese bezeichnet, wobei die Alternativhypothese die Negation der Nullhypothese ist.

Vor Ausführung eines Tests ist die Irrtumswahrscheinlichkeit Alpha festzulegen. Das ist der Prozentsatz der Fälle, die zur Verwerfung der Nullhypothese führen obwohl sie richtig ist. Anstatt der Irrtumswahrscheinlichkeit Alpha kann auch die statistische Sicherheit S angegeben werden. Zwischen der statistischen Sicherheit S und der Irrtumswahrscheinlichkeit Alpha besteht folgende Beziehung:

$$S = 100\% - \text{Alpha}$$

Alle statistischen Tests werden mit einer Prüfgröße durchgeführt. Eine solche Prüfgröße ist eine Vorschrift, nach der aus den gegebenen Stichproben eine Zahl errechnet wird. Der Test besteht darin, daß je nach dem Wert der Prüfgröße über Akzeptanz oder Verwerfung der Nullhypothese entschieden wird.

Die Prüfgröße ist meist standardnormalverteilt. Je nach der vorgewählten Irrtumswahrscheinlichkeit Alpha läßt sich ein kritischer Wert z_k der Standardnormalverteilung angeben. Ist der Betrag der Prüfgröße größer oder gleich z_k, so wird die Nullhypothese verworfen.

2.6.2. Kriterien zur Auswahl der statistischen Testmethoden

Da die Verteilung der Meßwerte nicht bekannt ist, werden verteilungsunabhängige statistische Methoden verwendet.

Ein weiteres Argument für den Gebrauch verteilungsfreier Verfahren sind die kleinen Stichprobenumfänge mit maximal 15 Meßwerten. Sachs (44) schreibt hierzu:" Liegen kleine Stichproben vor ($n < 15$), dann sind verteilungsfreie Tests oft wirksamer als die sonst optimalen parametrischen Tests, die für $n > 80$ meist wirksamer und auch einfacher zu handhaben sind."

Die verteilungsfreien Methoden setzen nur voraus, daß die Stichproben derselben Grundgesamtheit angehören und daß alle Werte unabhängig voneinander gewonnen werden.

Verteilungsunabhängige Methoden werden auch als nichtparametrische Methoden bezeichnet, da keine Parameter wie Mittelwert und Standardabweichung benötigt werden, um die Verteilung zu kennzeichnen.

Die Teststärke eines verteilungsfreien Verfahrens, das auf normalverteilte Daten angewendet wird, ist schwächer als bei den entsprechenden parametrischen Verfahren. Die Wirksamkeit eines nichtparametrischen Tests gegenüber dem entsprechenden parametrischen Test wird als asymptotische Effizienz bezeichnet. Die asymtotische Effizienz besagt, um wieviel größer der Stichprobenumfang bei einem verteilungsfreien Verfahren gegenüber dem entsprechenden parametrischen Test sein muß, um die gleiche Teststärke zu erzielen (Sachs, 44).

Zum Test auf signifikante Unterschiede in den Mittelwerten und Streuungen wurden Rangtests verwendet.

Bei den Rangtests werden an Stelle der absoluten Einzelmeßwerte Rangzahlen verwendet. Jedem Einzelmeßwert wird entsprechend seiner Größe ein Rangplatz zugeteilt.

Nach Sachs (44) weisen Rangtests eine hohe asymtotische Effizienz auf.

Für den Test auf Mittelwertsunterschiede wurde der U-Test von Wilcoxon et al. (Sachs, 44), für den Test auf Streuungsunterschiede der Rangdispersionstest von Siegel und Tukey (Sachs, 44) angewendet.

2.6.3 Vergleich der Lage der Keimkonzentrationen

Der U-Test von Wilcoxon et al. (Sachs, 44) ist das verteilungsunabhänige Gegenstück zum parametrischen T-Test für den Vergleich zweier Mittelwerte. Die asymtotische Effizienz liegt bei 95 %.

Der Test setzt voraus, daß die Stichproben die gleiche Verteilungform aufweisen. Diese Annahme ist gerechtfertigt, da es sich in allen Fällen um Keimkonzentrationen handelt, die auf die gleiche Weise ermittelt wurden.

Der U-Test ist empfindlich gegenüber Medianunterschieden und unempfindlich gegenüber Varianzunterschieden.

Die Nullhypothese besagt, daß keine signifikanten Unterschiede im Median bestehen. Die Annahme der Alternativhypothese bedeutet also, daß der Medianunterschied signifikant ist.

Die Irrtumswahrscheinlichkeit Alpha wird mit 2,5% festgelegt. Die statistische Sicherheit für die Nullhypothese ist dann von 1,25% bis 98,75% gegeben.

2.6.3.1. Durchführung des U-Tests

Zur Berechnung der Prüfgröße werden die aus beiden Stichproben vereinigten Werte $(N_1 + N_2)$ in eine gemeinsame aufsteigende Rangfolge gebracht. Es wird zu jeder Rangzahl vermerkt, aus welcher der beiden Stichproben der zugehörige Wert stammt.

Kommt in den beiden Stichproben ein bestimmter Wert mehrfach vor, dies wird als Bindung bezeichnet, so erhalten die gleichgroßen Einzelwerte die gleichen mittleren Rangzahlen. Kommen Bindungen nur in einer Stichprobe vor, so hat dies keinen Einfluß auf die Prüfgröße. Bindungen zwischen beiden Stichproben sind bei der weiteren Berechnung zu berücksichtigen.

Es wird für jede Stichprobe die Summe der Rangzahlen, R_1 und R_2, gebildet und die Größen U_1 und U_2 wie folgt berechnet:

$$U_1 = N_1 * N_2 + \frac{N_1 * (N_1+1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = N_1 * N_2 + \frac{N_2 * (N_2+1)}{2} - R_2$$

Die kleinere Größe wird als Testgröße verwendet und die Prüfgröße z berechnet:

$$z = \frac{\left| U - N_1 * N_2/2 \right|}{\sqrt{N_1 * N_2 * (N_1+N_2+1)/12}}$$

Bei Bindungen zwischen beiden Stichproben ist die Prüfgröße nach folgender Formel zu berechnen:

$$z = \frac{\left| U - N_1 * N_2/2 \right|}{\sqrt{N_1 * N_2/(S*(S-1)) * ((S^3-S)/12 - \sum_{i=1}^{r}(t_i^3-t_i)/12)}}$$

Die Summe läuft über i von 1 bis r. Die Summe N_1+N_2 ist S. Hierbei bezeichnet r die Anzahl der Bindungen und t_i gibt die Vielfachheit der i-ten Bindung an.

Der erhaltene Wert z wird anhand der Standardnormalverteilung beurteilt.

2.6.4. Statistischer Vergleich der Dispersion der Keimkonzentrationen

Es wurde der Rangdispersionstest von Siegel und Tukey (Sachs, 44) angewendet.

Dieser Test gestattet die Prüfung der Nullhypothese: Zwei unabhängige Stichproben gehören hinsichtlich ihrer Variabilität, Streuung oder Dispersion einer gemeinsamen Grundgesamtheit an. Dementsprechend lautet die Alternativhypothese: Beide Stichproben entstammen keiner gemeinsamen Grundgesamtheit.

Der Rangdispersionstest setzt das Vorliegen fast gleicher Lokalisationsparameter voraus und ist dann gegenüber Variabilitätsunterschieden sehr empfindlich.

Um diese Voraussetzung bei den sehr unterschiedlichen Lageparametern der Keimkonzentrationen zu erfüllen, wurden die Meßreihen durch Subtraktion des Medians vom jeweiligen Einzelwert transformiert.

Die Irrtumswahrscheinlichkeit Alpha wird auch hier mit 2,5% festgelegt. Die statistische Sicherheit für die Nullhypothese reicht von 1,25% bis 98,75%.

2.6.4.1. Durchführung des Rangdispersionstests

Die vereinigten Stichproben ($N_1 + N_2$ mit $N_1 < N_2$) werden in eine gemeinsame Rangfolge gebracht. Den extremen Werten werden niedrige, den zentralen Werten hohe Rangzahlen zugeteilt: Der kleinste Wert erhält Rang 1, die beiden größten Werte erhalten die Ränge 2 und 3, die nächst kleineren Werte erhalten die Ränge 4 und 5 usw.

Liegt eine ungerade Zahl von Werten vor, so erhält der mittlere Wert keinen Rang, damit der höchste Rang jeweils eine gerade Zahl ist.

Für jede Stichprobe wird die Summe der Rangzahlen, R_1 und R_2, berechnet.

Je stärker die Stichproben, bei gleicher Stichprobengröße, sich in ihrer Variabilität unterscheiden, desto unterschiedlicher sind die Rangsummen.

Die Prüfgröße z wird nach folgender Formel berechnet:

$$z = \frac{2*R_1 - N_1*(N_1+N_2+1)+1}{\sqrt{N_1*(N_1+N_2+1)*(N_2/3)}}$$

Wenn $2*R_1$ größer als $N_1*(N_1+N_2+1)$ ist, muß das letzte +1 im Zähler durch -1 ersetzt werden.

Die erhaltene Prüfgröße z wird anhand der Standardnormalverteilung beurteilt.

3.0 Ergebnisse

3.1 Qualitative Beschreibung der verschiedenen Abfallarten

Es wurden Abfälle einer chirurgischen Normalpflegestation, Intensivpflegestation und Operationsabteilung und Hausmüll aus Einfamilienhaushalten untersucht. Für die verschiedenen Abfallarten wurde die Häufigkeit des Vorkommens von bestimmten Abfallteilen angegeben als prozentualer Anteil positiver Proben an der Zahl der ausgewerteten Proben, in den Tabellen 4 und 5 dargestellt. Ein mengenmäßiger Vergleich der Abfallbestandteile innerhalb der Proben wurde nicht durchgeführt.

3.1.1 Privathaushalt

Es wurden 10 Hausmüllproben in verschiedenen Privathaushalten gesammelt. Wie aus Tabelle 4 hervorgeht, waren als häufigste Abfallbestandteile in 90 % der Proben Papier und Verpackungsmaterial enthalten. In 7 Hausmüllproben befanden sich leere Milch- und Safttüten, Yoghurtbecher etc., in 6 Abfallproben waren Konservendosen. Den Sommermonaten entsprechend enthielten die meisten Proben einen hohen Anteil an frischen Obst- und Gemüseabfällen. Weitere Lebensmittelreste kamen bei 50 % der Proben vor. Pflanzenteile und Blumenerde waren in 20 % der Hausmüllproben. In jeweils zwei Proben befanden sich Kinderwindeln und Monatsbinden.

3.1.2 Normalpflegestation

Krankenunterlagen waren als häufigster Bestandteil in 80 % der 15 Abfallproben aus der Normalpflege enthalten(Tabelle 5). In fast der Hälfte der Proben (46,7 %) befanden sich Colostomiebeutel, während Urinbeutel nur in 2 Proben vorkamen. Medizinische Weichabfälle, wie Verbände, Tupfer und Mullbinden, waren

Abfallbestandteil	Häufigkeit des Vorkommens in %
Papier, Verpackungsmaterial	90
Obst- und Gemüseabfälle	80
Milch- und Safttüten, Yoghurtbecher	70
Konservendosen	60
Sonstige Lebensmittelreste	50
Pflanzenabfälle	20
Blumenerde	20
Babywindeln	20
Monatsbinden	20
Probenzahl	10

Tabelle 4: Qualitative Zusammensetzung von Abfällen aus Privathaushalten. Häufigkeit des Vorkommens von Abfallbestandteilen, angegeben als prozentualer Anteil positiver Proben an der ausgewerteten Probenzahl.

in 13,4 % bis 33,4 % der Abfälle. In 4 Müllsäcken befanden sich Redon- und Infusionsflaschen. Medizinische Hartabfälle, wie Infusionsbestecke (6,7 %) und Spritzen (13,4 %), waren nur in einzelnen Proben enthalten. Verpackungsmaterial medizinischer Artikel überwog mengenmäßig in 3 Abfallsäcken. Ein deutlicher Anteil von Hausmüll (Lebensmittelreste (20 %), Blumenabfälle (6,7 %), Milch-und Safttüten (20 %), Zeitungen (13,4 %)) war in 3 Proben vorhanden.

3.1.3 Intensivpflegestation

In der Intensivpflege enthielten 12 der 14 untersuchten Müllsäcke Krankenunterlagen (Tabelle 5). Zweithäufigster Bestandteil waren Infusionsbestecke (64,3 %). Weitere medizinische Hartabfälle (Spritzen, Kanülen, Katheter, Redon- und Infusionsflaschen) konnten nur in einer oder zwei Proben festgestellt werden. Verbände und Tupfer waren in 21,4 %, Mullbinden

Abfallbestandteil	Häufigkeit des Vorkommens in %		
	Normal-pflege	Intensiv-pflege	OP-Abteilung
Verbände	13.4	21.4	-
Tupfer	26.7	21.4	90.0
Mullbinden	33.4	28.6	30.0
Krankenunterlagen	80.0	85.7	30.0
Infusionsbestecke	6.7	64.3	-
Spritzen	13.4	14.3	10.0
Kanülen	-	14.3	20.0
Katheter	-	7.1	30.0
Redon- und Infusionsflaschen	26.7	7.1	-
Nahtmaterial	-	-	80.0
Colostomiebeutel	46.7	21.4	-
Urinbeutel	13.4	14.3	-
Verpackungsmaterial	20.0	28.6	60.0
Essensreste	20.0	-	-
Blumenabfälle	6.7	-	-
Milch- und Safttüten, Yoghurtbecher	20.0	-	-
Zeitungen	13.4	-	-
Probenzahl	15	14	10

Tabelle 5: Qualitative Zusammensetzung von Abfällen aus Krankenhausabfällen der Chirurgie. Häufigkeit des Vorkommens von Abfallbestandteilen, angegeben als prozentualer Anteil positiver Proben an der ausgewerteten Probenzahl.

in 28,6 % der Abfälle. Colostomie-und Urinbeutel befanden sich in 3 bzw. in 2 Müllproben. Verpackungsmaterial medizinischer Artikel war in 28,6 % der Abfallsäcke enthalten. Hausmüllbestandteile wurden bei Abfällen aus der Intensivpflege nicht gefunden.

3.1.4 Operationsabteilung

Abfälle der Operationsabteilung (Tabelle 5) enthielten Tupfer (90 %) als häufigste Bestandteile. In 8 der 10 Proben befand sich Nahtmaterial. Weitere medizinische Weichabfälle (Mullbinden, Krankenunterlagen) konnten in jeweils 3 Proben festgestellt werden. Bei den medizinischen Hartabfällen kamen Katheter in 3, Kanülen in 2 und Spritzen in 1 Probe vor. Ein hoher Anteil an Verpackungsmaterial war in 60 % der Abfälle zu verzeichnen. Hausmüll war in Abfallproben der Operationsabteilung nicht vorhanden.

3.2 Bestimmung der Durchmischungszeit

Folgende Gesamtkeimkonzentrationen (KBE/g) aerober Bakterien wurden auf Standard I-Nähragar bei Eluatentnahme nach verschiedenen Zeiten pro Gramm Abfall ermittelt:

min	KBE/g
0	$9,7*10^3$
15	$3,2*10^4$
30	$4,5*10^6$
60	$3,8*10^6$

Zur Eluierung der Müllproben wurde eine 30-minütige Durchmischung als ausreichend ermittelt, weil bei längeren Zeiten eine Abnahme der Keimkonzentration zu befürchten ist, da es zum Absterben der Bakterien kommen kann.

3.3 Bestimmung der Grundkontamination des Suspensionsmediums

Von den untersuchten Suspensionsmediumproben enthielten etwa 68 % eine Keimkonzentration von 10^1 bis 10^2 pro Milliliter, eine Probe erreichte Werte von 10^3. In den restlichen Suspen-

sionsmediumsproben waren keine Keime nachweisbar. Diese auf Blutagar ermittelte Grundkontamination wurde bei der Bestimmung der Gesamtkonzentration aerober Bakterien berücksichtigt.

3.4 Nachweis von Desinfektionsmittelresten im Eluat

Bei der Beurteilung von Krankenhausabfällen ist der Einfluß von Desinfektionsmittelresten zu beachten.

Durch die in dieser Arbeit angewendete Methode der Probeneluierung können im Müll vorkommende Desinfektionsmittelreste im Suspensionsmittel gleichmäßig verteilt werden und zur Keimreduktion in den Abfallproben führen.

Der Nachweis von Desinfektionsmittelresten wurde nur bei einer Probe aus dem Normalpflegebereich geführt. Hierbei zeigten sich Hemmhöfe bei den mit Staphylococcus aureus beimpften Platten.

Bei mehreren Müllproben aus dem Krankenhausbereich konnte ein deutlicher Desinfektionsmittelgeruch festgestellt werden. Meistens war in diesen Fällen kein Wachstum aerober Bakterien vorhanden oder die Gesamtkeimkonzentration war niedriger als bei entsprechenden Proben ohne Desinfektionsmittelgeruch.

3.5 Keimkonzentrationen (KBE/g)

3.5.1. Absolute Werte der Keimkonzentationen

Die Untersuchungsergebnisse sind in den Tabellen 6 bis 13 und in Abbildung 1 dargestellt.

In den Tabellen 6,8,10 und 12 sind die Keimkonzentrationen der aeroben Bakterien, fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien,gramnegativen Bakterien sowie der D-Streptokokken pro

Gramm Müll (Frischgewicht) für die Einzelmessungen der vier Müllsorten mit den Nährböden Blut-Agar, Clostridien-Selektiv -Agar, Endo-Agar und Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar aufgelistet.

In Abbildung 1 sind die während des gesamten Untersuchungszeitraums ermittelten Keimkonzentrationen der verschiedenen Müllsorten zusammenfassend dargestellt. Für jede Meßreihe wurde das arithmetische Mittel, der Minimal- und Maximalwert angegeben. Wegen der sehr unterschiedlichen Verteilung der Einzelmeßwerte wurden zur Beurteilung der Dispersion zusätzlich als Lageparameter der Median- der obere und untere Quartilswert angegeben. Für die Darstellung der Meßwerte wurde ein logarithmischer Maßstab gewählt.

In den Tabellen 7,9,11 und 13 sind zusätzlich neben den in Abbildung 1 dargestellten Werten der Modalwert und die Standardabweichungen angegeben. Der Modalwert wurde als die häufigste auftretende Zehnerpotenz definiert und es wurde jeweils der prozentuale Anteil an der Meßreihe angegeben.

3.5.1.1 Privathaushalt

Die Keimkonzentrationen und die dazugehörigen Lage- und Dispersinsparameter für Abfälle aus Privathaushalten sind in den Tabellen 6 und 7 sowie in Abbildung 1 dargestellt.

3.5.1.1.1 Aerobe Bakterien

Hausmüll hatte in den 10 Abfallproben für aerobe Bakerien eine minimale Konzentration von $7,6 \times 10^6$, eine maximale Konzentration von $4,3 \times 10^{10}$ pro Gramm Feuchtmüll. Der Modalwert war 10^7 und wurde bei 40 % der Proben ermittelt. Das arithmetische Mittel betrug $6,1 \times 10^9$ mit einer Standardabweichung von $1,3 \times 10^{10}$. Der Medianwert lag bei $7,5 \times 10^7$, unteres und oberes Quartil bei $1,5 \times 10^7$ bzw. $8,7 \times 10^8$.

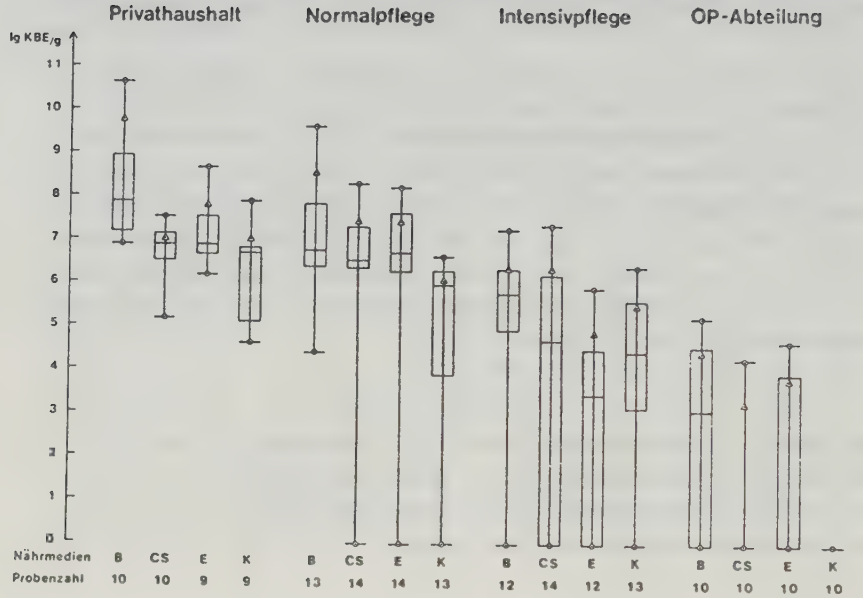

Abbildung 1: Keimkonzentrationen (KBE/g) und ihre Verteilungsparameter in Krankenhaus- und in Haushaltsabfällen

B = Blut-Agar (Keimgruppe: aerobe Bakterien)
CS = Clostridien-Selektiv-Agar (Keimgruppe: (fak.) anaerobe Bakterien)
E = Endo-Agar (Keimgruppe: gramnegative Bakterien)
K = Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar (Keimgruppe: D-Streptokokken)

Dargestellt sind Minimal- und Maximalwert (⊙), der arithmetische Mittelwert (△), der obere und der untere Quartilswert sowie der Medianwert. Werte von Null sind als lg(0) dargestellt.

Proben-nummer	Aerobe Bakterien KBE/g	(fak.) anaerobe Bakterien KBE/g	Gramnegative Bakterien KBE/g	D-Streptokokken KBE/g
1	$3.38*10^8$	$5.85*10^6$	$7.41*10^6$	$4.00*10^4$
2	$1.71*10^{10}$	$8.35*10^6$	$4.50*10^8$	na
3	$4.31*10^{10}$	$3.22*10^7$	na	$7.77*10^7$
4	$7.86*10^6$	$1.69*10^7$	$4.19*10^6$	$7.33*10^6$
5	$4.91*10^7$	$6.49*10^6$	$6.14*10^6$	$1.75*10^6$
6	$2.11*10^7$	$1.08*10^7$	$1.66*10^7$	$3.63*10^6$
7	$7.62*10^6$	$1.49*10^5$	$5.71*10^6$	$1.03*10^5$
8	$9.70*10^7$	$8.17*10^6$	$1.49*10^6$	$1.54*10^6$
9	$5.27*10^7$	$5.81*10^5$	$3.87*10^7$	$2.00*10^5$
10	$1.81*10^8$	$6.93*10^6$	$9.60*10^6$	$4.53*10^5$
Proben-zahl	10	10	9	9

Tabelle 6: Keimkonzentrationen (KBE/g) aerober Bakterien (Blut-Agar), fakultativ anaerober und aerober Bakterien (Clostridien-Selektiv-Agar), gramnegativer Bakterien (Endo-Agar) und D-Streptokokken (Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar) in Haushaltsabfällen.
na = nicht auswertbar.

3.5.1.1.2 Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien

Minimal- und Maximalwert der Konzentrationen fakultativ anaerober und anaerober Bakterien waren 1,5 x 10^5 bzw. 3,2 x 10^7. Die Hälfte der Hausmüllproben hatte Keinmkonzentrationen im Bereich von 10^6. Das arithmetrische Mittel (9,6 x 10^6), die Standardabweichung (8,8 x 10^6), der Median (7,6 x 10^6) und das untere Quartil (3,2 x 10^6) der 10 Proben lagen ebenfalls bei 10^6. Nur das obere Quartil(1,4 x 10^7) war um eine Zehnerpotenz höher.

	Aerobe Bakterien	(fak.) anaerobe Bakterien	Gramnegative Bakterien	D-Streptokokken
	KBE/g	KBE/g	KBE/g	KBE/g
Minimalwert	$7.6*10^6$	$1.5*10^5$	$1.5*10^6$	$4.0*10^4$
Maximalwert	$4.3*10^{10}$	$3.2*10^7$	$4.5*10^8$	$7.8*10^7$
Arith.Mittel	$6.1*10^9$	$9.6*10^6$	$6.0*10^7$	$1.0*10^7$
Stand.abw.	$1.3*10^{10}$	$8.8*10^6$	$1.4*10^8$	$2.4*10^7$
Modalwert	10^7 (40%)	10^6 (50%)	10^6 (67%)	10^6 (44%)
Medianwert	$7.5*10^7$	$7.6*10^6$	$7.4*10^6$	$1.5*10^6$
unt.Quartil	$1.5*10^7$	$3.2*10^6$	$4.6*10^6$	$1.3*10^5$
ob. Quartil	$8.7*10^8$	$1.4*10^7$	$3.3*10^7$	$6.4*10^6$
Probenzahl	10	10	9	9

Tabelle 7: Lage- und Dispersionsparameter der Keimkonzentrationen (KBE/g) aerober Bakterien (Blut-Agar), fakultativ anaerober und aerober Bakterien (Clostridien-Selektiv-Agar), gramnegativer Bakterien (Endo-Agar) und D-Streptokokken (Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar) in Haushaltsabfällen.

3.5.1.1.3 Gramnegative Bakterien

Bei den gramnegativen Bakterien streuten die Keimzahlen von $1,5 \times 10^6$ bis $4,5 \times 10^8$ pro Gramm Feuchtmüll. Bei 66,7 % der 9 Messungen lagen Keimkonzentrationen von 10^6 vor. Der Median ($7,4 \times 10^6$) und das untere Quartil ($4,6 \times 10^6$) lagen im gleichen Bereich. Das arithmetrische Mittel ($6,0 \times 10^7$), die Standardabweichung ($1,4 \times 10^8$) und das obere Quartil ($3,3 \times 10^7$) hatten höhere Werte.

3.5.1.1.4 D-Streptokokken

Die Keimkonzentrationen für D-Streptokokken lagen zwischen $4,0 \times 10^4$ und $7,8 \times 10^7$ pro Gramm Feuchtmüll. Die häufigste Zehnerpotenz der Keimkonzentrationen, 10^6, wurde bei 4 der 9 Proben erreicht. Die mittlere Keimkonzentration war $1,0 \times 10^7$, bei einer Standardabweichung von $2,4 \times 10^7$. Der Median, unteres und oberes Quartil hatten Werte von $1,5 \times 10^6$, $1,3 \times 10^5$ und $6,4 \times 10^6$.

3.5.1.2 Normalpflegestation

Die Keimkonzentrationen und die dazugehörigen Lage- und Dispersionsparameter für Normalpflegeabfälle sind in den Tabellen 8 und 9 sowie in Abbildung 1 dargestellt.

3.5.1.2.1 Aerobe Bakterien

Die Konzentrationen der aeroben Bakterien der 13 Proben streuten zwischen $2,5 \times 10^4$ und $4,0 \times 10^9$. 49,2 % der Proben hatten Meßwerte im Bereich 10^6. Ebenso der Median ($5,6 \times 10^6$) und das untere Quartil ($2,5 \times 10^6$), während oberes Quartil ($6,6 \times 10^7$), arithmetrisches Mittel ($3,4 \times 10^8$) und die Standardabweichung ($1,0 \times 10^9$) einige Zehnerpotenzen höher lagen.

3.5.1.2.2 Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien

Bei Streuung der Konzentrationen der 14 Einzelmessungen von 0 bis $2,0 \times 10^8$ war der Mittelwert $2,6 \times 10^7$ und die Standardabweichung $5,4 \times 10^7$. 42,9 % der Proben enthielten ca. 10^6 Keime pro Gramm Feuchtmüll. Die gleiche Größenordnung hatten der Median ($3,3 \times 10^6$) und das untere Quartil ($2,3 \times 10^6$). Das obere Quartil war 2.0×10^7.

Probennummer	Aerobe Bakterien KBE/g	(fak.) anaerobe Bakterien KBE/g	Gramnegative Bakterien KBE/g	D-Streptokokken KBE/g
1	$2.11*10^6$	$1.73*10^6$	$2.55*10^5$	$1.92*10^6$
2	$2.53*10^4$	0.0	0.0	0.0
3	$4.77*10^5$	$7.69*10^2$	$1.54*10^3$	$2.31*10^3$
4	$3.60*10^6$	$2.50*10^7$	$2.54*10^7$	$3.80*10^6$
5	na	$1.52*10^7$	$8.99*10^7$	$1.79*10^6$
6	$7.14*10^7$	$4.23*10^6$	$3.17*10^7$	$1.65*10^6$
7	$4.73*10^7$	$3.24*10^6$	$5.07*10^7$	$4.07*10^6$
8	$4.00*10^9$	$8.38*10^3$	$1.55*10^6$	$6.45*10^3$
9	$5.43*10^6$	0.0	$2.16*10^6$	$1.43*10^3$
10	$5.71*10^6$	$4.05*10^6$	$5.51*10^6$	$1.19*10^4$
11	$5.15*10^7$	$1.05*10^8$	$1.12*10^7$	$9.09*10^5$
12	na	na	na	na
13	$4.50*10^6$	$3.43*10^6$	$2.67*10^6$	$1.57*10^6$
14	$5.59*10^6$	$2.78*10^6$	$4.53*10^6$	$7.41*10^5$
15	$2.07*10^6$	$1.97*10^8$	$1.60*10^8$	na
Probenzahl	13	14	14	13

Tabelle 8: Keimkonzentrationen (KBE/g) aerober Bakterien (Blut-Agar), fakultativ anaerober und aerober Bakterien (Clostridien-Selektiv-Agar), gramnegativer Bakterien (Endo-Agar) und D-Streptokokken (Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar) in Abfällen der chirurgischen Normalpflege.
na = nicht auswertbar.

3.5.1.2.3 Gramnegative Bakterien

Bei einer von 14 untersuchten Proben waren gramnegative Bakterien nicht nachweisbar.Die höchste Keimkonzentration war $1,6 \times 10^8$. Jeweils 35,7 % der Meßwerte lagen in der Größen-

	Aerobe Bakterien	(fak.) anaerobe Bakterien	Gramnegative Bakterien	D-Streptokokken
	KBE/g	KBE/g	KBE/g	KBE/g
Minimalwert	$2.5*10^4$	0.0	0.0	0.0
Maximalwert	$4.0*10^9$	$2.0*10^8$	$1.6*10^8$	$4.1*10^6$
Arith.Mittel	$3.4*10^8$	$2.6*10^7$	$2.8*10^7$	$1.2*10^6$
Stand.abw.	$1.0*10^9$	$5.4*10^7$	$4.4*10^7$	$1.3*10^6$
Modalwert	10^6 (49%)	10^6 (43%)	10^7 (36%)	10^6 (46%)
Medianwert	$5.6*10^6$	$3.3*10^6$	$5.0*10^6$	$9.1*10^5$
unt.Quartil	$2.5*10^6$	$2.3*10^6$	$1.9*10^6$	$7.8*10^3$
ob. Quartil	$6.6*10^7$	$2.0*10^7$	$4.1*10^7$	$1.9*10^6$
Probenzahl	13	14	14	13

Tabelle 9: Lage- und Dispersionsparameter der Keimkonzentrationen (KBE/g) aerober Bakterien (Blut-Agar), fakultativ anaerober und aerober Bakterien (Clostridien-Selektiv-Agar), gramnegativer Bakterien (Endo-Agar) und D-Streptokokken (Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar) in Abfällen der chirurgischen Normalpflege.

ordnung von 10^6 und 10^7. Das arithmetrische Mittel war $2,8 \times 10^7$ mit einer Standardabweichung von $4,4 \times 10^7$. Der Medianwert, das untere und obere Quartil betrugen $5,0 \times 10^6$, $1,9 \times 10^6$ und $4,1 \times 10^7$.

3.5.1.2.4 D-Streptokokken

Die minimale Konzentration der D-Streptokokken war Null, die maximale Konzentration betrug 4,1 x 10^6. Im Bereich von 10^6 lagen 46,2 % der 13 Einzelmessungen, der Mittelwert (1,2 x 10^6), die Standardabweichung (1,3 x 10^6) und das obere Quartil (1,9 x 10^6). Der Median (9,1 x 10^5) war um eine Zehnerpotenz und das untere Quartil (7,8 x 10^3) um 3 Zehnerpotenzen niedriger im Wert.

3.5.1.3. Intensivpflegestation

Die Keimkonzentrationen und die dazugehörigen Lage- und Dispersionsparameter der Intensivpflegeabfälle sind in den Tabellen 10 und 11 und in Abbildung 1 dargestellt.

3.5.1.3.1 Aerobe Bakterien

In den 12 untersuchten Abfallproben schwankten die Keimkonzentrationen der aeroben Bakterien zwischen Null und 1,7 x 10^7. 33,3 % der Meßwerte lagen bei 10^6, ebenso der Mittelwert (2,2 x 10^6), die Standardabweichung (4,6 x 10^6) und das obere Quartil (2,0 x 10^6). Der Median (5,6 x 10^5) und das untere Quartil (8,2 x 10^4) hatten niedrigere Werte.

3.5.1.3.2 Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien

Die minimale und die maximale Keimkonzentration der 14 Proben waren Null bzw. 2,0 x 10^7. Zu einer Häufung von Meßwerten kam es bei Null (28,6 %) und 10^4 (28,6 %). Das untere Quartil betrug Null, der Median 4,6 x 10^4. Der Mittelwert (2,1 x 10^6), die Standardabweichung (5,3 x 10^6) und das obere Quartil (1,5 x 10^6) lagen bei 10^6.

Proben-nummer	Aerobe Bakterien KBE/g	(fak.) anaerobe Bakterien KBE/g	Gramnegative Bakterien KBE/g	D-Streptokokken KBE/g
1	$2.29*10^6$	0.0	$4.58*10^4$	$4.81*10^4$
2	$1.76*10^6$	$4.82*10^4$	$2.00*10^4$	$6.53*10^5$
3	$3.77*10^3$	0.0	0.0	0.0
4	na	$1.62*10^6$	na	$4.34*10^5$
5	$9.21*10^5$	$3.24*10^5$	$2.19*10^4$	$1.10*10^4$
6	$1.94*10^5$	$9.03*10^4$	$2.11*10^3$	$5.26*10^3$
7	$1.99*10^6$	$1.07*10^6$	$7.43*10^5$	$2.45*10^5$
8	$8.16*10^4$	$1.63*10^3$	$3.27*10^3$	$2.34*10^4$
9	na	$2.05*10^7$	na	na
10	$1.43*10^5$	$4.33*10^4$	0.0	$2.58*10^4$
11	$3.72*10^2$	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0
13	$1.38*10^6$	$3.75*10^4$	0.0	$2.50*10^4$
14	$1.70*10^7$	$5.42*10^6$	$2.80*10^4$	$2.27*10^6$
Proben-zahl	12	14	12	13

Tabelle 10: Keimkonzentrationen (KBE/g) aerober Bakterien (Blut-Agar), fakultativ anaerober und aerober Bakterien (Clostridien-Selektiv-Agar), gramnegativer Bakterien (Endo-Agar) und D-Streptokokken (Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar) in Abfällen der chirurgischen Intensivpflege.
na = nicht auswertbar.

3.5.1.3.3 Gramnegative Bakterien

Bei 12 untersuchten Proben war der Minimal- und Maximalwert der Keimkonzentrationen für gramnegative Bakterien Null bzw. $7,4 \times 10^5$. In 5 Proben konnten keine Keime nachgewiesen werden. Die mittlere Keimkonzentration war $7,2 \times 10^4$, bei einer Standardabweichung von $2,0 \times 10^5$. Der Median, das untere und obere Quartil betrugen $2,7 \times 10^3$, Null und $2,8 \times 10^4$.

	Aerobe Bakterien	(fak.) anaerobe Bakterien	Gramnegative Bakterien	D-Streptokokken
	KBE/g	KBE/g	KBE/g	KBE/g
Minimalwert	0.0	0.0	0.0	0.0
Maximalwert	$1.7*10^7$	$2.0*10^7$	$7.4*10^5$	$2.3*10^6$
Arith.Mittel	$2.2*10^6$	$2.1*10^6$	$7.2*10^4$	$2.9*10^5$
Stand.abw.	$4.6*10^6$	$5.3*10^6$	$2.0*10^5$	$6.1*10^5$
Modalwert	10^6 (33%)	10^4/0(29%)	0.0 (42%)	10^4 (39%)
Medianwert	$5.6*10^5$	$4.6*10^4$	$2.7*10^3$	$2.5*10^4$
unt.Quartil	$8.2*10^4$	0.0	0.0	$1.3*10^3$
ob. Quartil	$2.0*10^6$	$1.5*10^6$	$2.8*10^4$	$3.9*10^5$
Proben-zahl	12	14	12	13

Tabelle 11: Lage- und Dispersionsparameter der Keimkonzentrationen (KBE/g) aerober Bakterien (Blut-Agar), fakultativ anaerober und aerober Bakterien (Clostridien-Selektiv-Agar), gramnegativer Bakterien (Endo-Agar) und D-Streptokokken (Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar) in Abfällen der chirurgischen Intensivpflege.

3.5.1.3.4 D-Streptokokken

D-Streptokokken konnten in 3 von 13 Abfallproben nicht nachgewiesen werden. Ihre maximale Konzentration war $2,3 \times 10^6$. Der Modalwert war 10^4 und wurde von 38,5 % der Proben erreicht. Die Abfallproben hatten eine mittlere Konzentration von $2,9 \times 10^5$ und eine Streuung von $6,1 \times 10^5$. Der Median war $2,5 \times 10^4$, oberes und unteres Quartil Null bzw. $1,3 \times 10^3$ bzw. $3,9 \times 10^5$.

3.5.1.4 Operationsabteilung

Die Keimkonzentrationen und die dazugehörigen Lage- und Dispersionsparameter der Operationsabteilungabfälle sind in den Tabellen 12 und 13 sowie in Abbildung 1 dargestellt.

Proben-nummer	Aerobe Bakterien KBE/g	(fak.) anaerobe Bakterien KBE/g	Gramnegative Bakterien KBE/g	D-Streptokokken KBE/g
1	$1.27*10^3$	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0
3	$1.49*10^5$	$1.72*10^4$	$4.17*10^4$	0.0
4	$4.27*10^4$	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0
7	$1.12*10^4$	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0
9	$9.60*10^2$	0.0	$1.60*10^3$	0.0
10	$2.27*10^4$	0.0	$1.45*10^4$	0.0
Proben-zahl	10	10	10	10

Tabelle 12: Keimkonzentrationen (KBE/g) aerober Bakterien (Blut-Agar), fakultativ anaerober und aerober Bakterien (Clostridien-Selektiv-Agar), gramnegativer Bakterien (Endo-Agar) und D-Streptokokken (Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar) in Abfällen der chirurgischen Operationsabteilung.

	Aerobe Bakterien	(fak.) anaerobe Bakterien	Gramnegative Bakterien	D-Streptokokken
	KBE/g	KBE/g	KBE/g	KBE/g
Minimalwert	0.0	0.0	0.0	0.0
Maximalwert	$1.5*10^5$	$1.7*10^4$	$4.2*10^4$	0.0
Arith.Mittel	$2.3*10^4$	$1.7*10^3$	$5.8*10^3$	0.0
Stand.abw.	$4.4*10^4$	$5.2*10^3$	$1.3*10^4$	-
Modalwert	0.0 (40%)	0.0 (90%)	0.0 (70%)	0.0(100%)
Medianwert	$1.1*10^3$	0.0	0.0	0.0
unt.Quartil	0.0	0.0	0.0	0.0
ob. Quartil	$3.3*10^4$	0.0	$8.0*10^2$	0.0
Proben-zahl	10	10	10	10

Tabelle 13: Lage- und Dispersionsparameter der Keimkonzentrationen (KBE/g) aerober Bakterien (Blut-Agar), fakultativ anaerober und aerober Bakterien (Clostridien-Selektiv-Agar), gramnegativer Bakterien (Endo-Agar) und D-Streptokokken (Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar) in Abfällen der chirurgischen Operationsabteilung.

3.5.1.4.1 Aerobe Bakterien

In 4 von 10 Abfallproben der Operationsabteilung konnten keine aerobe Bakterien nachgewiesen werden. Als maximaler Wert wurde $1,5 \times 10^5$ gemessen. Im Mittel enthielten die Proben $2,3 \times 10^4$ Keime pro Gramm Feuchtmüll. Die Streuung der Messungen war $4,4 \times 10^4$. Der Median lag bei $1,1 \times 10^3$, unteres und oberes Quartil bei Null bzw. $3,3 \times 10^4$.

3.5.1.4.2 Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien

Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien konnten nur in einer von 10 Proben nachgewiesen werden. Hierfür war die Keimkonzentration $1,7 \times 10^4$.

3.5.1.4.3 Gramnegative Bakterien

Die Keimkonzentrationen der gramnegativen Bakterien reichten von Null bis $4,2 \times 10^4$. In 7 von 10 Proben konnten keine Keime nachgewiesen werden. Die mittlere Keimkonzentration betrug $5,8 \times 10^3$ mit einer Streuung von $1,3 \times 10^4$. Median und unteres Quartil waren Null, das obere Quartil lag bei $8,0 \times 10^2$.

3.5.1.4.4 D-Streptokokken

D-Streptokokken konnten in keiner der 10 Abfallproben der Operationsabteilung nachgewiesen werden.

3.5.2 Vergleich der mittleren Keimkonzentrationen

3.5.2.1 Vergleich zwischen Haushalts- und Krankenhausabfällen

Zum Vergleich der Höhe der Keimkonzentrationen in Krankenhausabfällen und Hausmüll wurde der prozentuale Anteil der arithmetischen Mittelwerte der Krankenhausabfälle an den arithmetischen Mittelwerten des Hausmülls bestimmt (Tabelle 14).

3.5.2.1.1 Aerobe Bakterien

Die Bestimmung der Gesamtkonzentrationen aerober Bakterien auf Blutagar ergab für Hausmüll die höchsten Werte. Bei den Krankenhausabfällen war eine Abnahme der Keimdichte von der Nor-

von zu in	Normalpflege Privathaushalt %	Intensivpflege Privathaushalt %	OP-Abteilung Privathaushalt %
aerobe B.	5.60	0.04	0.0004
(fak.) anaerobe B.	267.60	21.60	0.0200
gramnegative B.	45.80	0.10	0.0100
D-Streptokokken	11.80	2.80	0.0

Tabelle 14: Vergleich der Keimkonzentrationen in Krankenhaus- und Haushaltsabfällen.
Prozentuales Verhältnis der arithmetischen Mittelwerte der Keimkonzentrationen (KBE/g) in Krankenhausabfällen zu den korrespondierenden Werten für Abfälle aus Privathaushalten.

malpflege über Intensivpflege zur Operationsabteilung zu verzeichnen. Der Normalpflegestationsmüll enthielt 5,6 % der Menge aerober Bakterien von Hausmüll. Bei der Intensivpflege betrug der prozentuale Anteil 0,04 % und bei der Operationsabteilung nur 0,0004 %.

3.5.2.1.2 Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien

Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien, erfaßt auf Clostridien-Selektiv-Agar, hatten in Abfällen der Normalpflegestation die höchsten Konzentrationen. Der arithmetische Mittelwert war 2,7-fach höher als im Hausmüll. Das prozentuale Verhältnis der Intensivpflegeabfälle zum Hausmüll war 21,6 %. In der Operationsabteilung lag der Gehalt bei 0,02 %.

3.5.2.1.3 Gramnegative Bakterien

Die auf Endo-Agar bestimmten gramnegativen Bakterien hatten im Hausmüll die höchste Konzentration. Müllproben aus dem Normalpflegebereich enthielten 45 %. In der Intensivpflege und in der Operationsabteilung betrug der Anteil 0,1 % bzw. 0,01 %.

3.5.2.1.4 D-Streptokokken

Ebenso war für D-Streptokokken das arithmetische Mittel der Konzentrationen im Hausmüll am größten. In Normalpflegemüll wurde 11,8 % und in Intensivpflegemüll 2,8 % der Konzentration in Hausmüll bestimmt. Für Abfälle aus der Operationsabteilung konnten keine D-Streptokokken erfaßt werden.

3.5.2.2 Vergleich zwischen den Krankenhausabfällen

Zum Vergleich der Höhe der Keimkonzentrationen in Abfällen der Normalpflege, Intensivpflege und Operationsabteilung wurde der prozentuale Anteil der arithmetrischen Mittelwerte der Intensivpflege und Operationsabteilung an den arithmetrischen Mittelwerten der Normalpflege bestimmt. Ebenso wurde der prozentuale Anteil für die Operationsabteilung gegenüber der Intensivpflege ermittelt (Tabelle 15).

3.5.2.2.1 Aerobe Bakterien

Die höchsten Keimkonzentrationen für aerobe Bakterien hatte bei den Krankenhausabfällen der Normalpflegemüll. Das prozentuale Verhältnis der Intensivpflegeabfälle zu den Normalpflegeabfällen war 0,7 %, Abfälle der Operationsabteilung erreichten gegenüber dem Normalpflegemüll nur 0,01 % und gegenüber den Intensivpflegeabfällen 1,1 %.

von zu in	Intensivpflege Normalpflege %	OP-Abteilung Normalpflege %	OP-Abteilung Intensivpflege %
aerobe B.	0.70	0.01	1.10
(fak.) an- aerobe B.	8.00	0.01	0.08
gramnega- tive B.	0.30	0.02	8.10
D-Strepto- kokken	24.20	0.0	0.0

Tabelle 15: Vergleich der Keimkonzentrationen in Krankenhausabfällen.
Prozentuales Verhältnis der arithmetischen Mittelwerte der Keimkonzentrationen (KBE/g) in den Abfällen der drei Krankenhausstationen.

3.5.2.2.2 Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien

Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien hatten in Abfällen der Normalpflege die höchsten Konzentrationen. In Intensivpflegemüll war der prozentuale Anteil 8,0 %, in Abfällen der Operationsabteilung 0,01 % der Konzentration in Normalpflegemüll. Abfälle der Operationsabteilung enthielten gegenüber der Intensivpflege nur 0,08 %.

3.5.2.2.3 Gramnegative Bakterien

Gramnegative Bakterien hatten in Normalpflegemüll gegenüber Abfällen aus der Intensivpflege und Operationsabteilung einen 334-fach bzw. 5000-fach höheren Mittelwert.Der Keimgehalt von Abfällen aus der Operationsabteilung erreichte 8,1 % vom Gehalt der Intensivpflege.

3.5.2.2.4 D-Streptokokken

Intensivpflegemüll enthielt 24,2 % der Keimkonzentration von D-Streptokokken in Normalpflegeabfällen. Für Abfälle der Operationsabteilung konnten keine D-Streptokokken erfaßt werden.

3.5.3 Vergleich der Streuung der Keimkonzentrationen

Außer in der Höhe der Keimkonzentrationen wiesen die untersuchten Müllproben auch erhebliche Unterschiede in der Einheitlichkeit ihrer Zusammensetzung auf, was in der Streuung der Konzentrationswerte zum Ausdruck kam.

Ein Vergleich der Standardabweichungen (Tabelle 16, siehe auch Tabelle 7,9,11,13), als Maß für die absolute Streuung, ergab für alle Keimgruppen, bis auf fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien, bei Hausmüll die größte absolute Streuung. Innerhalb der Krankenhausabfälle war bei allen Keimgruppen eine Abnahme der absoluten Streuung von der Normalpflege über Intensivpflege zur Operationsabteilung zu verzeichnen.

	Privat-haushalt	Normal-pflege	Intensiv-pflege	OP-Abteilung
aerobe B.	$1.3*10^{10}$	$1.0*10^{9}$	$4.6*10^{6}$	$4.4*10^{4}$
(fak.) anaerobe B.	$8.8*10^{6}$	$5.4*10^{7}$	$5.3*10^{6}$	$5.2*10^{3}$
gramnegative B.	$1.4*10^{8}$	$4.4*10^{7}$	$2.0*10^{5}$	$1.3*10^{4}$
D-Streptokokken	$2.4*10^{7}$	$1.3*10^{6}$	$6.1*10^{5}$	0.0

Tabelle 16: Absolute Streuung der Keimkonzentrationen in Krankenhaus- und Haushaltsabfällen als Standardabweichung in KBE/g dargestellt.

3.5.4 Statistischer Vergleich der Lage- und Dispersionsparameter

Zur Absicherung der Ergebnisse wurden die bestimmten Unterschiede der Mittelwerte und Streuung der Keimkonzentrationen auf Signifikanz überprüft.

3.5.4.1 Test signifikanter Mittelwertsunterschiede

Zum Test signifikanter Mittelwertsunterschiede wurde der U-Test von Wilcoxon et al. (Sachs, 44) angewendet.

Der Bereich für die statistische Sicherheit der Nullhypothese wurde von 1,25 % bis 98,75 % der Standardnormalverteilung festgelegt.

3.5.4.1.1 Test zwischen Haushalts- und Krankenhausabfällen

Die Ergebnisse des U-Tests sind in Tabelle 17 zusammengestellt.

Bei den aeroben Bakterien waren die Prüfgrößen für Normalpflege, Intensivpflege und Operationsabteilung bei Test gegen Hausmüll 99,10 %, 99,99 % und 99,99 %. Somit konnte für aerobe Bakterien in Hausmüll mit dem U-Test ein signifikanter Mittelwertunterschied gegenüber allen Krankenhausabfällen ermittelt werden.

Die Keimkonzentrationen fakultativ anaerober und anaerober Bakterien von Hausmüll hatten gegenüber der Normalpflege, bei einer Prüfgröße von 83,95 %, keinen signifikanten Mittelwertsunterschied. Für die Intensivpflege (99,70 %) und die Operationsabteilung (100 %) bestanden signifikante Medianunterschiede.

von zu	Normalpflege Privathaushalt	Intensivpflege Privathaushalt	OP-Abteilung Privathaushalt
aerobe B.	**99.10%**	**99.99%**	**99.99%**
(fak.) an- aerobe B.	83.95%	**99.70%**	**100.00%**
gramnega- tive B.	77.52%	**99.99%**	**99.99%**
D-Strepto- kokken	83.36%	**99.32%**	**100.00%**

Tabelle 17: Test signifikanter Medianunterschiede der Keimkonzentrationen aerober, gramnegativer, fakultativ anaerober und aerober Bakterien sowie D-Streptokokken zwischen Haushalts- und Krankenhausabfällen mit dem U-Test von Wilcoxon, Mann und Whitney. Bereich der statistischen Sicherheit der Nullhypothese von 1.25% bis 98.75%. Fettgedruckte Werte entsprechen signifikanten Medianunterschieden.

Da bei den gramnegativen Bakterien die Prüfgröße der Normalpflege 77,52 % war, bestand kein signifikanter Mittelwertsunterschied. Gramnegative Bakterien hatten nur gegenüber Intensivpflege (99,99 %) und Operationsabteilung (99,99 %) einen signifikanten Mittelwertsunterschied.

Auch bei D-Streptokokken konnte mit dem U-Test nur ein signifikanter Mittelwertsunterschied gegenüber der Intensivpflegestation (99,32 %) und der Operationsabteilung (100 %)festgestellt werden. Die Prüfgröße der Normalpflege lag bei 83,36 %.

3.5.4.1.2 Test zwischen den Krankenhausabfällen

Die Ergebnisse des U-Tests sind in den Tabellen 18, 19 und 20 für Abfälle aus der Normalpflege, Intensivpflege und Opera-

von zu	Privathaushalt Normalpflege	Intensivpflege Normalpflege	OP-Abteilung Normalpflege
aerobe B.	**99.10%**	**99.88%**	**100.00%**
(fak.) an- aerobe B.	83.95%	**95.36%**	**100.00%**
gramnega- tive B.	77.52%	99.97%	**99.00%**
D-Strepto- kokken	83.36%	85.16%	**100.00%**

Tabelle 18: Test signifikanter Medianunterschiede der Keimkonzentrationen aerober, gramnegativer, fakultativ anaerober und aerober Bakterien sowie D-Streptokokken zwischen Normalpflegemüll und Abfällen aus Intensivpflege, OP-Abteilung und Privathaushalten mit dem U-Test von Wilcoxon, Mann und Whitney. Bereich der statistischen Sicherheit der Nullhypothese von 1.25% bis 98.75%.
Fettgedruckte Werte entsprechen signifikanten Medianunterschieden.

tionsabteilung dargestellt. Dabei wurden zur besseren Übersicht die Ergebnisse des U-Tests bei Test gegen Hausmüll mit aufgeführt.

Wie aus den Tabellen 18, 19 sowie 20 hervorgeht, erreichten für aerobe Bakterien die Prüfgrößen der Intensivpflege und Operationsabteilung, bei Test gegen Normalpflege 99,88 % bzw. 100 % der Standardnormalverteilung. Das Testergebnis zwischen Operationsabteilung und Intensivpflege lag bei 99,60 %. Somit bestand für aerobe Bakterien zwischen allen Krankenhausabfällen signifikante Mittelwertsunterschiede.

Für fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien war zwischen Normalpflege und Intensivpflege, bei einer Prüfgröße von 95,36 %, kein signifikanter Unterschied. Bei Test zwischen

von zu	Privathaushalt Intensivpflege	Normalpflege Intensivpflege	OP-Abteilung Intensivpflege
aerobe B.	**99.99%**	**99.88%**	**99.60%**
(fak.) an- aerobe B.	**99.70%**	95.36%	**100.00%**
gramnega- tive B.	**99.99%**	**99.97%**	93.01%
D-Strepto- kokken	**99.32%**	85.16%	**100.00%**

Tabelle 19: Test signifikanter Medianunterschiede der Keimkonzentrationen aerober, gramnegativer, fakultativ anaerober und aerober Bakterien sowie D-Streptokokken zwischen Intensivpflegemüll und Abfällen aus Normalpflege, OP-Abteilung und Privathaushalten mit dem U-Test von Wilcoxon, Mann und Whitney. Bereich der statistischen Sicherheit der Nullhypothese von 1.25% bis 98.75%. Fettgedruckte Werte entsprechen signifikanten Medianunterschieden.

Operationsabteilung und Normalpflege oder Intensivpflege war der Mittelwertsunterschied mit Werten von jeweils 100 % signifikant.

Bei gramnegativen Bakterien ergab der Test von Intensivpflege (99,97 %) und Operationsabteilung (99,99 %) gegenüber Normalpflege in beiden Fällen signifikante Mittelwertsunterschiede. Dagegen führte der Test zwischen Operationsabteilung und Intensivpflege mit einem Wert von 93,01 % zu keinem signifikanten Medianunterschied.

D-Streptokokken wurden in der Operationsabteilung bei keiner Messung nachgewiesen. Der U-Test erreicht deshalb bei Test von Abfällen der Operationsabteilung gegen andere Müllarten eine

von zu	Privathaushalt OP-Abteilung	Normalpflege OP-Abteilung	Intensivpflege OP-Abteilung
aerobe B.	**99.99%**	**100.00%**	**99.60%**
(fak.) an- aerobe B.	**100.00%**	**100.00%**	**100.00%**
gramnega- tive B.	**99.99%**	**99.99%**	93.01%
D-Strepto- kokken	**100.00%**	**100.00%**	**100.00%**

Tabelle 20: Test signifikanter Medianunterschiede der Keimkonzentrationen aerober, gramnegativer, fakultativ anaerober und aerober Bakterien sowie D-Streptokokken zwischen Operationsabteilungsmüll und Abfällen aus Normalpflege, Intensivpflege und Privathaushalten mit dem U-Test von Wilcoxon, Mann und Whitney. Bereich der statistischen Sicherheit der Nullhypothese von 1.25% bis 98.75%. Fettgedruckte Werte entsprechen signifikanten Medianunterschieden.

Prüfgröße von 100 %. Der Medianunterschied ist somit bei allen Tests signifikant. Zwischen der Normalpflege und der Intensivpflege war bei einer Prüfgröße von 85,16 % kein signifikanter Unterschied festzustellen.

3.5.4.2 Test signifikanter Dispersionsunterschiede

Zum Test signifikanter Variationsunterschiede wurde der Rangdispersionstest von Siegel und Tukey (Sachs, 44) angewendet.

Der Bereich der statistischen Sicherheit der Nullhypothese wurde von 1,25 % bis 98,75 % der Standardnormalverteilung festgelegt.

3.5.4.2.1 Test zwischen Haushalts- und Krankenhausabfällen

Die Ergebnisse des Rangdispersionstests sind in Tabelle 21 zusammengestellt.

von zu	Normalpflege Privathaushalt	Intensivpflege Privathaushalt	OP-Abteilung Privathaushalt
aerobe B.	**99.91%**	**100.00%**	**99.99%**
(fak.) an- aerobe B.	51.17%	**99.68%**	**99.99%**
gramnega- tive B.	76.56%	**100.00%**	**99.81%**
D-Strepto- kokken	97.36%	**99.33%**	**99.81%**

Tabelle 21: Test signifikanter Dispersionsunterschiede der Keimkonzentrationen aerober, gramnegativer, fakultativ anaerober und aerober Bakterien sowie D-Streptokokken zwischen Haushalts- und Krankenhausabfällen mit dem Rangdispersionstest von Siegel und Tukey. Bereich der statistischen Sicherheit der Nullhypothese von 1.25% bis 98.75%. Fettgedruckte Werte entsprechen signifikanten Dispersionsunterschieden.

Bei Test gegen Hausmüll lagen für aerobe Bakterien die Prüfgrößen der Normalpflege, Intensivpfege und Operationsabteilung bei 99,91 %, 100,00 % bzw. 99,99 % der Standardnormalverteilung. Somit konnten für Keimkonzentrationen aerober Bakterien in Hausmüll signifikante Variationsunterschiede gegenüber allen Krankenhausabfällen festgestellt werden.

Die Testergebnisse für fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien ergaben für die Normalpflege (51,17 %) keine, für die beiden anderen Krankenhausabfälle (Intensivpflege (99,68 %), Operationsabteilung (99,99 %)) signifikante Unterschiede in der Streuung der Keimkonzentrationen gegenüber Hausmüll.

Gramnegative Bakterien hatten für die Normalpflege (76,56 %) keine signifikanten Variationsunterschiede der Konzentrationen zu Hausmüll. Zwischen Abfällen aus Privathaushalten und der Intensivpflege (100,00 %) oder Operationsabteilung (99,81 %) war der Streuungsunterschied signifikant.

Signifikante Dispersionsunterschiede gegenüber Hausmüll wurden bei D-Streptokokken nur für Intensivpflege (99,33 %) und Operationsabteilung (99,81 %) ermittelt, da die Prüfgröße der Normalpflege bei 97,36 % der Standardnormalverteilung lag.

3.5.4.2.2 Test zwischen den Krankenhausabfällen

Die Ergebnisse des Rangdispersionstests sind in den Tabellen 22, 23 und 24 für die Abfälle der Normalpflege, Intensivpflege und Operationsabteilung dargestellt. Dabei wurden zur besseren Übersicht die Ergebnisse des Rangdispersionstest bei Test gegen Hausmüll mit aufgeführt.

Für aerobe Bakterien erreichten die Prüfgrößen beim Test von Normalpflege gegen Intensivpflege oder Operationsabteilung 98,80 % bzw. 99,93 % der Standardnormalverteilung. Das Testergebnis zwischen Intensivpflege und Operationsabteilung war 100,00 %. Somit sind Variationsunterschiede zwischen allen Krankenhausabfällen signifikant.

Der Test für fakultativ anaerobe und anaerobe zwischen Normalpflege und Intensivpflege (99,93 %) oder Operationsabteilung (100,00 %), sowie der Test von Intensivpflege gegen Operationsabteilung (100,00 %) ergab signifikante Streuungsunterschiede.

Auch bei gramnegativen Bakterien führten der Test von Normalpflege gegen Intensivpflege (99,99 %) oder Operationsabteilung (100,00 %), sowie der Test von Intensivpflege gegen Operationsabteilung (99,91 %) zu signifikanten Dispersionsunterschieden.

von zu	Privathaushalt Normalpflege	Intensivpflege Normalpflege	OP-Abteilung Normalpflege
aerobe B.	**99.91%**	**98.80%**	**99.93%**
(fak.) an- aerobe B.	51.17%	**99.93%**	**100.00%**
gramnega- tive B.	76.56%	**99.99%**	**100.00%**
D-Strepto- kokken	97.36%	**99.95%**	**99.50%**

Tabelle 22: Test signifikanter Dispersionsunterschiede der Keimkonzentrationen aerober, gramnegativer, fakultativ anaerober und aerober Bakterien sowie D-Streptokokken zwischen Normalpflegemüll und Abfällen aus Intensivpflege, OP-Abteilung und Privathaushalten mit dem Rangdispersionstest von Siegel und Tukey. Bereich der statistischen Sicherheit der Nullhypothese von 1.25% bis 98.75%. Fettgedruckte Werte entsprechen signifikanten Dispersionsunterschieden.

Bei D-Streptokokken wurden signifikante Streuungunterschiede bei Test von Normalpflege gegen Intensivpflege (99,95 %), von Normalpflege gegen Operationsabteilung (99,50 %) und von Intensivpflege gegen Operationsabteilung (99,50 %) ermittelt.

3.6 Relative Häufigkeit einzelner Keimgruppen

Zur weiteren Unterscheidung der vier Müllarten wurden die relativen Anteile der gramnegativen, der D-Streptokokken sowie der fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien an den Gesamtkonzentrationen der aeroben Bakterien jeder Müllart bestimmt. Zur Auswertung wurden nur Proben herangezogen, die mindestens aerobe Bakterien enthielten. Die teilweise geringe Probenzahl, besonders in der Operationsabteilung, ist durch Abfallproben ohne Bakterienwachstum bedingt.

von zu	Privathaushalt Intensivpflege	Normalpflege Intensivpflege	OP-Abteilung Intensivpflege
aerobe B.	**100.00%**	**98.80%**	**100.00%**
(fak.) an- aerobe B.	**99.68%**	**99.93%**	**100.00%**
gramnega- tive B.	**100.00%**	**99.99%**	**99.91%**
D-Strepto- kokken	**99.33%**	**99.95%**	**99.50%**

Tabelle 23: Test signifikanter Dispersionsunterschiede der Keimkonzentrationen aerober, gramnegativer, fakultativ anaerober und aerober Bakterien sowie D-Streptokokken zwischen Intensivpflegemüll und Abfällen aus Privathaushalten, Normalpflege, OP-Abteilung mit dem Rangdispersionstest von Siegel und Tukey. Bereich der statistischen Sicherheit der Nullhypothese von 1.25% bis 98.75%. Fettgedruckte Werte entsprechen signifikanten Dispersionsunterschieden.

In Abbildung 2 (siehe auch Tabelle 25) ist das prozentuale Verhältnis der Keimkonzentrationen von gramnegativen Bakterien, D-Streptokokken, fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien (bestimmt mit Endo-, Kanamycin-Äskulin-Azid- und Clostridien-Selektiv-Agar) zur Gesamtkonzentration aerober Bakterien (bestimmt mit Blutagar) dargestellt. Es wurde jeweils der Maximalwert, Minimalwert und der arithmetische Mittelwert angegeben. Als Lageparameter wurden der Median, oberer und unterer Quartilswert dargestellt. In Tabelle 25 wurden zusätzlich die Standardabweichungen angegeben.

von zu	Privathaushalt OP-Abteilung	Normalpflege OP-Abteilung	Intensivpflege OP-Abteilung
aerobe B.	**99.99%**	**99.93%**	**100.00%**
(fak.) anaerobe B.	**99.99%**	**100.00%**	**100.00%**
gramnegative B.	**99.81%**	**100.00%**	**99.91%**
D-Streptokokken	**99.81%**	**99.50%**	**99.50%**

Tabelle 24: Test signifikanter Dispersionsunterschiede der Keimkonzentrationen aerober, gramnegativer, fakultativ anaerober und aerober Bakterien sowie D-Streptokokken zwischen Operationsabteilungsmüll und Abfällen aus Privathaushalten, Normalpflege, Intensivpflege mit dem Rangdispersionstest von Siegel und Tukey. Bereich der statistischen Sicherheit der Nullhypothese von 1.25% bis 98.75%. Fettgedruckte Werte entsprechen signifikanten Dispersionsunterschieden.

3.6.1 Keimgruppenanteile der Abfallarten

3.6.1.1 Privathaushalt

Der relative Anteil gramnegativer Bakterien an der Gesamtkonzentration aerober Bakterien lag bei 9 untersuchten Proben zwischen 1,5% und 78%. Im Mittel betrug der Anteil 34,9% mit einer Standardabweichung von 33,2%. Der Median, unteres und oberes Quartil hatten Werte von 12,5%, 2,3% bzw. 77,8%.

Der Gehalt an D-Streptokokken reichte von 0,01% bis 93,3% der Gesamtkonzentration aerober Bakterien. Das arithmetische Mittel der neun Einzelwerte war 13,2%, die Standardabweichung 28,8%, der Median 1,4%, unteres und oberes Quartil 0,2% bzw. 14,4%.

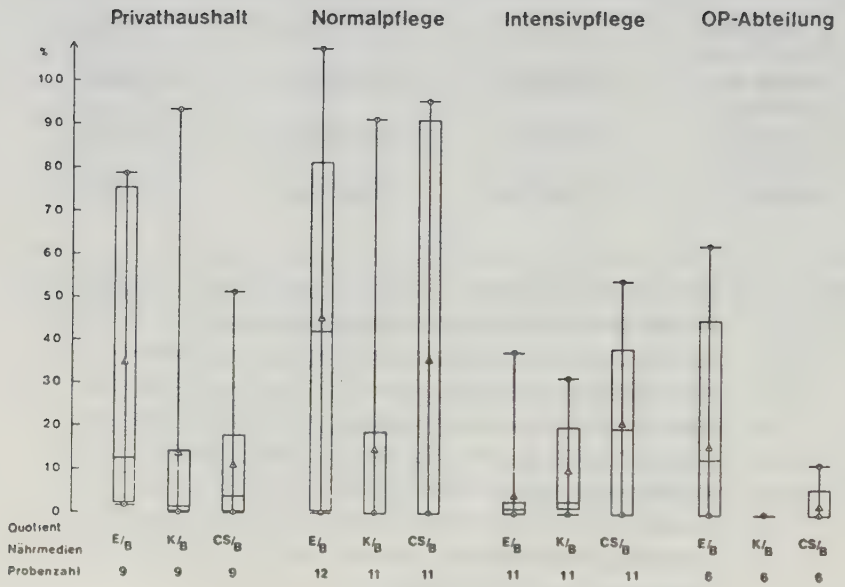

Abbildung 2: Keimgruppenanteile und ihre Verteilungsparameter in Krankenhaus- und Haushaltsabfällen
Prozentualer Anteil der Konzentrationen (KBE/g) der gramnegativen Bakterien (E), der D-Streptokokken (K) und der (fak.) anaeroben Bakterien (CS) an den Konzentrationen der aeroben Bakterien (B). Dargestellt sind Minimal- und Maximalwert (⊙), der arithmetische Mittelwert (△), der obere und der untere Quartilswert sowie der Medianwert.

	Privathaushalt			Normalpflege			Intensivpflege			OP-Abteilung		
	E/B %	K/B %	CS/B %	E/B %	K/B %	CS/B %	E/B %	K/B %	CS/B %	E/B %	K/B %	CS/B %
Probenzahl	9	9	9	12	11	11	11	11	11	6	6	6
Minimalwert	1.5	0.01	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Maximalwert	78.7	93.3	51.2	107.2	91.0	95.2	37.3	31.3	53.8	62.0	0.0	11.5
Arith.Mittel	34.9	13.2	11.0	45.0	14.0	35.2	4.4	10.0	20.1	15.4	0.0	1.9
Stand.abw.	33.2	28.8	15.2	38.3	26.4	37.6	10.5	12.0	20.0	22.5	0.0	4.3
Medianwert	12.5	1.4	3.8	42.1	2.1	6.9	1.1	2.7	19.6	12.7	0.0	0.0
unt.Quartil	2.3	0.2	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
ob. Quartil	77.8	14.4	18.0	81.0	18.7	90.8	2.8	19.8	38.1	44.9	0.0	5.8

Tabelle 25: Keimgruppenanteile bei Krankenhaus- und Haushaltsabfällen.
Prozentuales Verhältnis der Konzentrationen (KBE/g) von gramnegativen Bakterien (E=Endo-Agar), D-Streptokokken (K=Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar) und fakultativ anaeroben und anaerobe Bakterien (CS=Clostridien-Selektiv-Agar) zur Konzentration (KBE/g) aerober Bakterien (B=Blut-Agar).

Die relative Häufigkeit der fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien lag bei untersuchten 9 Proben zwischen 0,01% und 51,2%. Bei einem mittleren Gehalt von 11% mit einer Standardabweichung von 15,2%. Während das obere Quartil 18% war, hatten Median (3,8 %) und unteres Quartil (0,3 %) wesentlich geringere Werte.

3.6.1.2 Normalpflege

Der relative Anteil gramnegativer Bakterien an der Gesamtkonzentration aerober Bakterien lag bei den 12 Abfallproben zwischen 0% und 107,2%. Die mittlere Häufigkeit lag bei 45% und die Einzelwerte streuten bis zu 38,3%. Der Median war 42,1%, unteres und oberes Quartil 0% bzw. 81%.

Das prozentuale Verhältnis der D-Streptokokken zu aeroben Bakterien erreichte in den 11 Proben minimal 0% und maximal 91%. Der mittlere Anteil aller Proben war 14% mit einer Standardabweichung von 26,4%. Median, unteres und oberes Quartil lagen bei 2,1%, 0% bzw. 18,7%.

Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien hatten bei 11 Proben einen relativen Anteil von 0% bis 95,2%. Die mittlere Häufigkeit war 35,2%, die dazugehörige Standardabweichung 37,6%. Das obere Quartil lag bei 90,8%, Median und unteres Quartil bei 6,9% und 0%.

3.6.1.3 Intensivpflege

Gramnegative Bakterien hatten einen relativen Anteil von 0% bis 37,3% an der Gesamtkonzentration aerober Bakterien. Der mittlere Anteil der 11 Proben betrug 4,4% und hatte eine Streuung bis 10,5%. Der Median (1,1 %), das untere Quartil (0 %) und obere Quartil (2,8 %) hatten niedrigere Werte.

Bei D-Streptokokken waren der Minimal- und Maximalwert der relativen Häufigkeit 0% bzw. 31,3%. Die mittlere relative Häufigkeit der 11 Proben lag bei 10%, die Standardabweichung bei 12%. Median, unteres und oberes Quartil hatten Werte von 2,7%, 1,4% bzw. 19,8%.

Das prozentuale Verhältnis der fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien zu den aeroben Bakterien schwankte bei den 11 Einzelmessungen zwischen 0% und 53,8%. Der mittlere Gehalt war 20,1% mit einer Standardabweichung von 20%. Der Median, unteres und oberes Quartil lagen bei 19,6%, 0% bzw. 38,1%.

3.6.1.4 Operationsabteilung

Gramnegative Bakterien, die nur in einer von sechs Proben nachweisbar waren, hatten bei dieser Probe einen relativen Anteil von 62%. Das arithmetrische Mittel lag bei 15,4% mit einer Standardabweichung von 22,5%. Der Median, das untere und obere Quartil waren 12,7%, 0% bzw. 44,9%.

D-Streptokokken konnten in keiner Abfallprobe der Operationsabteilung nachgewiesen werden.

Das prozentuale Verhältnis von fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien zu aeroben Bakterien lag bei den 6 Abfallproben zwischen 0% und 11,5%. Die mittlere Häufigkeit war 1,9% und die Standardabweichung 4,3%. Median und unteres Quartil waren 0%, das obere Quartil 5,8%.

3.6.2 Vergleich der mittleren Keimgruppenanteile

3.6.2.1 Vergleich zwischen Haushalts- und Krankenhausabfällen

Zum Vergleich der relativen Häufigkeiten der einzelnen Keimgruppen in Krankenhausabfällen und Hausmüll wurde der prozentuale Anteil der arithmetischen Mittelwerte der relativen Keimgruppenanteile der Krankenhausabfälle an den arithmetischen Mittelwerten des Hausmülls bestimmt (Tabelle 26).

von zu in	Normalpflege Privathaushalt %	Intensivpflege Privathaushalt %	OP-Abteilung Privathaushalt %
E/B	129	13	44
K/B	106	76	0
CS/B	302	183	17

Tabelle 26: Vergleich der Keimgruppenanteile in Krankenhaus- und Haushaltsabfällen.
Prozentuales Verhältnis der arithmetischen Mittelwerte der Keimgruppenanteile in Krankenhausabfällen zu den korrespondierenden Werten in Hausabfällen.
Gramnegative Bakterien (E=Endo-Agar), D-Streptokokken (K=Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar), fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien (CS=Clostridien-Selektiv-Agar), aerobe Bakterien (B=Blut-Agar).

Die Keimgruppenanteile der Normalpflege waren für gramnegative Bakterien 1,29-fach, für D-Streptokokken 1,06-fach und für fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien 3,02-fach höher als in Hausmüll.

Die Intensivpflege hatte gegenüber Hausmüll für fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien einen 1,83-fach höheren Anteil. Gramnegative Bakterien erreichten nur 13% und D-Streptokokken 76% der entsprechenden Keimgruppenanteile in Hausmüll.

In Abfällen der Operationsabteilung hatten die Keimgruppenanteile von gramnegativen und fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien gegenüber den korrespondierenden Werten in Hausmüll 44% bzw. 17%. D-Streptokokken konnten in Abfällen der Operationsabteilung nicht nachgewiesen werden.

3.6.2.2 Vergleich zwischen den Krankenhausabfällen

Zum Vergleich der Keimgruppenanteile in Abfällen der Normalpflege, Intensivpflege und Operationsabteilung wurde der prozentuale Anteil der arithmetischen Mittelwerte der Keimgruppenanteile der Intensivpflege und der Operationsabteilung an den arithmetischen Mittelwerten der Normalpflege bestimmt. Ebenso wurde der prozentuale Anteil für die Operationsabteilung gegenüber der Intensivpflege ermittelt (Tabelle 27).

Die Keimgruppenanteile der Intensivpflege erreichten für gramnegative Bakterien 10%, für fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien 57% und für D-Streptokokken 71% der entsprechenden Keimgruppenanteile in Abfällen der Normalpflege.

In Abfällen der Operationsabteilung erreichten die Keimgruppenanteile der gramnegativen, fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien gegenüber den korrespondierenden Werten in der Normalpflege 34% bzw. 5%.

Die Abfälle der Operationsabteilung hatten gegenüber der Intensivpflege bei gramnegativen Bakterien 3,5-fach höhere Keimgruppenanteile, fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien erreichten gegenüber den entsprechenden Keimgruppenanteilen in Intensivpflegeabfällen nur 9%.

von zu in	Intensivpflege Normalpflege %	OP-Abteilung Normalpflege %	OP-Abteilung Intensivpflege %
E/B	10	34	350
K/B	71	0	0
CS/B	57	5	9

Tabelle 27: Vergleich der Keimgruppenanteile in Krankenhausabfällen.
Prozentuales Verhältnis der arithmetischen Mittelwerte der Keimgruppenanteile in Krankenhausabfällen zu den korrespondierenden Werten in der Normalpflege bzw. Intensivpflege.
Gramnegative Bakterien (E=Endo-Agar), D-Streptokokken (K=Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar), fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien (CS=Clostridien-Selektiv-Agar), aerobe Bakterien (B=Blut-Agar).

3.6.3 Vergleich der Streuung der Keimgruppenanteile

Außer in der Höhe der Keimgruppenanteile wiesen die untersuchten Müllproben auch Unterschiede in der Streuung dieser Keimgruppenanteile auf.

Ein Vergleich der Standardabweichungen (Tabelle 28), als Maß für die absolute Streuung der Keimgruppenanteile in den verschiedenen Müllarten, ergab für Hausmüll, bis auf D-Streptokokken eine größere Konstanz gegenüber der Normalpflege. Gegenüber der Intensivpflege hatte Hausmüll für Keimgruppenanteile der gramnegativen Bakterien und D-Streptokokken eine größere Variabilität, der fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien eine größere Konstanz. Keimgruppenanteile der Operationsabteilung zeigten eine geringere Streuung als Hausmüll.

	E/B %	K/B %	CS/B %
Privathaushalt	33.2	28.8	15.5
Normalpflege	38.3	26.4	37.6
Intensivpflege	10.5	12.0	20.0
OP-Abteilung	22.5	0.0	4.3

Tabelle 28: Absolute Streuung der Keimgruppenanteile bei Krankenhaus- und Haushaltsabfällen. Standardabweichung des prozentualen Verhältnisses der Keimkonzentrationen (KBE/g) von gramnegativen Bakterien (E=Endo-Agar), D-Streptokokken (K=Kanamycin-Äskulin-Azid-Agar) und fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien (CS=Clostridien Selektiv-Agar) zu den Keimkonzentrationen von aeroben Bakterien (B=Blut-Agar).

Bei den Krankenhausabfällen hatten die Normalpflege für alle Keimgruppenanteile die höchste Variabilität. Bis auf gramnegative Bakterien hatten die Keimgruppenanteile der Intensivpflege eine größere Streuung gegenüber Keimgruppenanteilen der Operationsabteilung.

Bei Betrachtung der absoluten Streuung der Keimgruppenanteile in allen vier Müllarten ergibt sich für den Anteil der gramnegativen Bakterien die größte Varianz. Der Anteil der äskulinpositiven Bakterien zeigte die größte Konstanz.

3.7 Keimspektrum

Als weiteres Charakterisierungsmerkmal der Abfallarten erfolgte die Identifizierung einiger Bakterienspecies aus der Gruppe der nosokomialen Infektionserreger, vorzugsweise aus der Keimgruppe der gramnegativen Bakterien, in den verschiedenen Abfallproben.

Diese Bakterien kommen fast alle ubiquitär sowie im menschlichen Darmtrakt vor. Bei abwehrgeschwächten Patienten können sie als fakultativ pathogene Erreger zu Infektionen führen.

Hierbei handelte es sich um die Gruppe Acinetobacter calcoaceticus var. anitratum, Citrobacter freundii, D-Streptokokken, Escherichia coli, Serratia marcescens, Staphylococcus aureus sowie Species aus den Gattungen Enterobacter, Klebsiella, Proteus und Pseudomonas.

In Tabelle 29 ist für jede Müllart das Keimspektrum und die Nachweishäufigkeiten der einzelnen Species und Gattungen, angegeben als prozentualer Anteil positiver Proben an der Zahl der ausgewerteten Proben, verzeichnet. Da nicht bei allen Müllproben eine Keimdifferenzierung durchgeführt wurde und bei den untersuchten Proben immer nur stichprobenhaft Kolonien zur Identifizierung abgeimpft wurden, können die Nachweishäufigkeiten nicht mit den gemessenen Keimkonzentrationen in Beziehung gesetzt werden.

3.7.1 Nachweishäufigkeiten der Species und Gattungen in den Abfallarten.

Von den 20 differenzierten Species konnten in Krankenhausabfällen aus der Normalpflege 10, aus der Intensivpflege 7 und aus der Operationsabteilung nur 1 Species nachgewiesen werden. Bei den Hausmüllproben wurden 14 verschiedene Species identifiziert.

Herkunft	Privat-haushalt %	Normal-pflege %	Intensiv-pflege %	OP-Ab-teilung %
Probenzahl	9	8	6	9
Acinetobacter calcoaceticus var. anitratum	11.0	0.0	0.0	0.0
Citrobacter freundii	0.0	0.0	16.7	0.0
D-Streptokokken	88.9	50.0	50.0	0.0
Escherichia coli	44.4	75.0	50.0	33.3
Serratia marcescens	22.2	12.5	0.0	0.0
Staphylococcus aureus	0.0	12.5	33.3	0.0
Enterobacter insg.	100.0	25.0	16.7	0.0
E.cloacae	66.7	25.0	16.7	0.0
E.agglomerans	66.7	0.0	0.0	0.0
E.aerogenes	0.0	0.0	0.0	0.0
E.sakazakii	33.3	0.0	0.0	0.0
E.gergoviae	11.1	0.0	0.0	0.0
Klebsiella insg.	66.7	50.0	0.0	0.0
K.pneumoniae	55.5	37.5	0.0	0.0
K.oxytoca	11.1	12.5	0.0	0.0
K.ozeanae	11.1	0.0	0.0	0.0
Proteus insg.	22.2	12.5	16.7	0.0
P.vulgaris	0.0	12.5	0.0	0.0
P.rettgeri	11.1	0.0	0.0	0.0
P.mirabilis	11.1	0.0	0.0	0.0
P.morganii	0.0	12.5	16.7	0.0
Pseudomonas insg.	44.4	12.5	66.6	0.0
P.fluorescens	44.4	12.5	0.0	0.0
P.aeruginosa	0.0	0.0	66.6	0.0

Tabelle 29: Nachweishäufigkeit (prozentualer Anteil positiver Proben an der Zahl der ausgewerteten Proben) der untersuchten Bakterienspecies und -gattungen in Krankenhaus- und Haushaltsabfällen.

3.7.1.1 Privathaushalt

Auschließlich in Hausmüll wurden Acinetobacter calcoaceticus var. anitratum (11%), Enterobacter agglomerans (66.7%), Enterobacter sakazakii (33.3%), Enterobacter gergoviae (11.1%), Klebsiella ozeanae (11.1%), Proteus mirabilis (11.1%) und Proteus rettgeri (11.1%) identifiziert.

Die Gattung Enterobacter war in allen untersuchten Proben vorhanden. Es konnten 4 Species nachgewiesen werden (Enterobacter cloacae (66.7%), Enterobacter agglomerans (66.7%), Enterobacter sakazakii (33.3%), Enterobacter gergoviae (11.1%)).

Die zweitgrößte Nachweishäufigkeit hatten D-Streptokokken mit 88.9%.

Die Gattung Klebsiella konnte in 67% der Abfallproben identifiziert werden. Die Species Klebsiella pneumoniae, Klebsiella oxytoca und Klebsiella ozeanae hatten Nachweishäufigkeiten von 55.5%, 11.1% sowie 11.1%.

In 44.4% der Abfallproben waren Escherichia coli und Pseudomonas fluorescens (einziger Vertreter der Gattung Pseudomonas) enthalten.

Serratia marcescens und die Gattung Proteus (Proteus rettgeri (11.1%), Proteus mirabilis (11.1%)) konnten in jeweils 22.2% der Proben identifiziert werden.

Citrobacter freundii sowie die für nosokomiale Infektionen bedeutsamen Species Pseudomonas aeruginosa und Staphylococcus aureus waren in keiner Müllprobe nachweisbar.

3.7.1.2 Normalpflege

Proteus vulgaris (12.5%) war ausschließlich in Abfällen der Normalpflege nachweisbar.

Am häufigsten wurde in Normalpfegemüll Escherichia coli (75%) identifiziert.

In der Hälfte der Proben konnten D-Streptokokken und Species der Gattung Klebsiella (Klebsiella pneumoniae (37.5%), Klebsiella oxytoca (12.5%) nachgewiesen werden.

Die drittgrößte Nachweishäufigkeit hatte Enterobacter cloacae (25%) als einziger Vertreter der Gattung Enterobacter.

Serratia marcescens, Staphylococcus aureus, Proteus spec. (Proteus vulgaris (12.5%), Proteus morganii (12.5%)) und Pseudomonas spec. (Pseudomonas fluorescens) wurden in jeweils 12.5% der Proben identifiziert.

3.7.1.3 Intensivpflege

Pseudomonas aeruginosa (66.6%) und Citrobacter freundii (16.7%) waren nur in Abfällen der Intensivpflege enthalten.

Die größte Nachweishäufigkeit hatte die Gattung Pseudomonas (Pseudomonas aeruginosa (66.6%)) gefolgt von D-Streptokokken (50%) und Escherichia coli (50%).

Staphylococcus aureus konnte in 33% der Abfallproben identifiziert werden. In 16.7% der Müllsorten wurden Enterobacter cloacae und Proteus morganii (einzige Species der Gattungen) nachgewiesen.

Klebsiellen wurden in Abfällen der Intensivpflege nicht identifiziert.

3.7.1.4 Operationsabteilung

Bei Abfällen der Operationsabteilung konnte nur Escherichia coli (33.3%) nachgewiesen werden.

3.7.2 Vergleich der Nachweishäufigkeiten

3.7.2.1 Vergleich zwischen Hausmüll und Krankenhausabfällen

Zum Vergleich der Nachweishäufigkeiten der Species und Gattungen in Hausmüll zu den korrespondierenden Krankenhausabfällen wurde der prozentuale Anteil der Nachweishäufigkeiten der Krankenhausabfälle an den Nachweishäufigkeiten des Hausmülls bestimmt (Tabelle 30). Konnten die Species bzw. Gattungen nur in einer Abfallart identifiziert werden, so wurde diese Abfallart in der Tabelle 30 angegeben.

3.7.2.1.1 Normalpflege / Privathaushalt

Acinetobacter calcoaceticus var. anitratum konnte nur in Hausmüll, Staphylococcus aureus nur in der Normalpflege identifiziert werden.

Von in beiden Abfallarten vorkommenden Species und Gattungen hatte nur Escherichia coli eine größere Nachweishäufigkeit (1.7-fach) in Abfallproben der Normalpflege gegenüber dem Hausmüll.

Klebsiella spec. erreichte in der Normalpflege 75% der Nachweishäufigkeit in Hausmüll. Aus der Gattung Klebsiella konnten in der Normalpflege Klebsiella pneumoniae und Klebsiella oxytoca, in Hausmüll zusätzlich Klebsiella ozeanae identifiziert werden.

von zu in	Normalpflege Privathaushalt %	Intensivpflege Privathaushalt %	OP-Abteilung Privathaushalt %
Acinetobacter calcoaceticus var.anitratum	H	H	H
Citrobacter freundii	-	I	-
D-Strepto-kokken	56.0	56.0	H
Escherichia coli	170.0	113.0	75.0
Serratia marcescens	56.0	H	H
Staphylococcus aureus	P	P	-
Enterobacter spec.	25.0	17.0	H
Klebsiella spec.	75.0	H	H
Proteus spec.	56.0	75.0	H
Pseudomonas spec.	28.0	150.0	H

Tabelle 30: Prozentuales Verhältnis der Nachweishäufigkeiten von Bakterienspecies und -gattungen von Krankenhaus- zu Haushaltsabfällen. (Privathaushalt = H, Normalpflege = P, Intensivpflege = I, Operationsabteilung = OP). Wurde nur in einer Abfallart Species bzw. Gattung nachgewiesen, so wurde diese in der Tabelle angegeben.

56% der Nachweishäufigkeit in Hausmüll hatten D-Streptokokken, Serratia marcescens und Proteus spec.. Aus der Gattung Proteus wurden für Hausmüll und Abfälle der Normalpflege verschiedene Species ermittelt (Privathaushalt: Proteus rettgeri, Proteus mirabilis; Normalpflege: Proteus vulgaris, Proteus morganii).

Pseudomonas spec. erreichte 28% und Enterobacter spec. 25% der Nachweishäufigkeit in Hausmüll. Bei beiden Abfallarten konnte aus der Gattung Pseudomonas nur Pseudomonas fluorescens identifiziert werden. Die Gattung Enterobacter war in der Normalpflege durch Enterobacter cloacae vertreten, während bei Hausmüll zusätzlich Enterobacter agglomerans, Enterobacter sakazakii und Enterobacter gergoviae identifiziert wurden.

3.7.2.1.2 Intensivpflege / Privathaushalt

Acinetobacter calcoaceticus var. anitratum, Serratia marcescens und Klebsiella spec. waren nur in Hausmüll, Citrobacter freundii und Staphylococcus aureus nur in Abfällen der Intensivpflege nachweisbar.

Pseudomonas spec. hatte eine 1.5-fach höhere Nachweishäufigkeit in Abfallproben der Intensivpflege. Aus der Gattung Pseudomonas wurde Pseudomonas aeruginosa bei der Intensivpflege, Pseudomonas fluorescens bei Hausmüll identifiziert.

Escherichia coli hatte in der Intensivpflege eine 1.13-fach höhere Nachweishäufigkeit.

Proteus spec. erreichte in Abfallproben der Intensivpflege 75% der Nachweishäufigkeit in Hausmüll. Während in der Intensivpflege nur Proteus morganii nachgewiesen werden konnte, wurden in Hausmüll Proteus rettgeri und Proteus mirabilis identifiziert.

D-Streptokokken hatten in Abfällen der Intensivpflege 56% und Enterobacter spec. 17% der Nachweishäufigkeit in Hausmüll. Auch für die Intensivpfege konnte aus der Gattung Enterobacter nur Enterobacter cloacae nachgewiesen werden, während im Hausmüll drei weitere Species identifiziert wurden.

3.7.2.1.3 Operationsabteilung / Privathaushalt

In Abfällen der Operationsabteilung konnte nur Escherichia coli mit 75% der Nachweishäufigkeit in Hausmüll identifiziert werden.

3.7.2.2 Vergleich zwischen Krankenhausabfällen

Zum Vergleich der Nachweishäufigkeiten der Species und Gattungen zwischen den verschiedenen Krankenhausabfällen wurde der prozentuale Anteil der Nachweishäufigkeiten von Abfällen der Normalpflege (Intensivpflege) an den Nachweishäufigkeiten der Intensivpflege und Operationsabteilung bestimmt (Tabelle 31). Konnten die Species bzw. Gattungen nur in einer Abfallart identifiziert werden, so wurde diese Abfallart in der Tabelle angegeben.

3.7.2.2.1 Intensivpflege / Normalpflege

Serratia marcescens und Klebsiella spec. konnten nur in Abfällen der Normalpflege, Citrobacter freundii nur in der Intensivpflege nachgewiesen werden.

Pseudomonas spec. hatte in Abfallproben der Intensivpflege eine 5.33-fache höhere Nachweishäufigkeit als in Normalpflegemüll. Für die Intensivpflege wurde Pseudomonas aeruginosa, die Normalpflege Pseudomonas fluorescens identifiziert.

Staphylococcus aureus erreichte das 2.66-fache, Proteus spec. das 1.34-fache der Nachweishäufigkeit der Normalpflege. In der Intensivpflege wurde Proteus morganii, in der Normalpflege zusätzlich Proteus vulgaris identifiziert. D-Streptokokken hatten in beiden Abfallarten die gleiche Nachweishäufigkeit.

von zu in	Intensivpflege Normalpflege %	OP-Abteilung Normalpflege %	OP-Abteilung Intensivpflege %
Acinetobacter calcoaceticus var.anitratum	-	-	-
Citrobacter freundii	I	-	I
D-Strepto-kokken	100.0	P	I
Escherichia coli	67.0	45.0	67.0
Serratia marcescens	P	P	-
Staphylococcus aureus	266.0	P	I
Enterobacter spec.	67.0	P	I
Klebsiella spec.	P	P	-
Proteus spec.	134.0	P	I
Pseudomonas spec.	533.0	P	I

Tabelle 31: Prozentuales Verhältnis der Nachweishäufigkeiten von Bakterienspecies und -gattungen zwischen verschiedenen Krankenhausabfällen. (Normalpflege = P, Intensivpflege = I, Operationsabteilung = OP). Wurde nur in einer Abfallart Species bzw. Gattung nachgewiesen, so wurde diese in der Tabelle angegeben.

Nur Escherichia coli (67%) und Enterobacter spec. (67%) hatten in der Intensivpflege eine geringere Nachweishäufigkeit als in der Normalpflege. In beiden Abfallarten wurde Enterobacter cloacae als einziger Vertreter der Gattung Enterobacter nachgewiesen.

3.7.2.2.2 Operationsabteilung / Normalpflege

In Abfällen der Operationsabteilung konnte nur Escherichia coli mit 45% der Nachweishäufigkeit von Normalpflegeabfällen identifiziert werden.

3.7.2.2.3 Operationsabteilung / Intensivpflege

Gegenüber der Intensivpflege hatte Escherichia coli in Abfällen der Operationsabteilung eine 0.67-fache Nachweishäufigkeit.

4.0 Diskussion

Ziel dieser Arbeit war es, empirische Daten über die bakteriologische Kontamination von Krankenhausabfällen zu gewinnen. Hierzu wurde Keimgehalt und Keimspektrum von Krankenhausabfällen bestimmt.

Zur Eluierung der Keime von den Abfallteilen wurde eine Methode entwickelt, die den Vorteil hatte, daß die jeweilige Müllprobe in der Menge und Zusammensetzung verarbeitet werden konnte, wie sie am Probennahmetag anfiel.

Es wurden speziell krankenhausspezifische Abfälle aus dem Pflege- und Operationsbereich untersucht, die fakultativ pathogene Infektionserreger enthalten können.

Krankenhausabfälle aus Infektionsstationen und medizinischen Laboratorien, die mit Erregern meldepflichtiger, übertragbarer Krankheiten nach dem BSeuchG (3) kontaminiert sein können, waren nicht Gegenstand dieser Arbeit.

Da es für Krankenhausabfälle keine Richtwerte bezüglich Gesamt- und spezifischen Keimkonzentrationen gibt, die einen Vergleich mit der durchgeführten Untersuchung zuließen, wurde gleichzeitig der Keimgehalt und das Keimspektrum von Hausmüllproben untersucht. Für Hausmüll existieren ebenso keine Grenzwerte, aber sein relatives Gefährdungspotential im Siedlungsbereich läßt sich durch alltäglichen Umgang und jahrzehntelange Entsorgungspraxis relativ gut abschätzen.

Die Bestimmung von Keimgehalt und Keimspektrum in Krankenhausabfällen deckt nur einen - jedoch grundlegenden - Teilaspekt der Problematik von Krankenhausabfällen ab, da zur genauen Abschätzung des Gefährdungspotentials auch noch Keimkinetik und -ausbreitung, Virulenz der Erreger und weitere Parameter untersucht werden müßten.

Jedoch kann mit dem ermittelten Keimgehalt eine Klassifizierung der verschiedenen Krankenhausabfälle nach den Grad ihres Infektionspotentials durchgeführt werden und damit Empfehlungen für die hygienische Abfallentsorgung entwickelt werden.

4.1 Probenaufbereitung

Da keine Sortierung und Zerkleinerung der Müllbestandteile vor der Eluierung stattfand, konnte mit dieser Methode Fremdkontamination weitgehend vermieden werden.

Durch die aktive Suspendierung der Müllprobe wurden alle Abfallteile im Suspensionsmedium gleichmäßig verteilt. Dies gestattete die Ermittlung vom mittleren Keimgehalt aus der Eluatprobe.

Mit dieser Methode kann eine sehr rasche Probenaufbereitung erfolgen (Probenaufbereitung 30 Minuten, Desinfektion und Reinigung der Mischtrommel maximal 1 Stunde) und sie kann somit routinemäßig angewendet werden.

Diese Methode ist sehr praxisnah, da eine Entsorgungeinheit (d.h. der unveränderte Inhalt eines Plastiksackes) wie sie auf den Krankenhausstationen vorkommt, unverändert als Müllprobe untersucht werden kann.

4.2 Qualitative Zusammensetzung von Haushalts und Krankenhausabfällen

Zwischen Hausmüll und Krankenhausabfällen bestand - wie zu erwarten - ein deutlicher Unterschied in der Abfallzusammensetzung. Lediglich Papier- und Verpackungsmaterial, das den größten Anteil an Hausmüll hatte, wurde in allen Krankenhausabfällen vorgefunden. Als krankenhausähnliche Abfallbestandteile könnte man die in einigen Hausmüllproben mit Blut und

Fäkalien beschmutzten Monatsbinden und Kinderwindeln bezeichnen.

Von den Krankenhausabfällen enthielt nur Normalpflegestationsmüll in einigen Proben Hausmüllbestandteile und zeigt somit eine gewisse Ähnlichkeit mit Abfällen aus Privathaushalten.

Innerhalb der Krankenhausabfälle hatte Normalpflegestationsmüll die am breitesten gefächerte Abfallzusammensetzung, gefolgt vom Intensivpflegestationsmüll. Die größte Konstanz in der Abfallzusammensetzung zeigten Proben der Operationsabteilung.

Zwischen Abfällen der Intensivpflege und der Normalpflege konnten, bis auf die in Normalpflegeabfällen vorkommenden Hausmüllbestandteile, keine deutlichen Unterschiede in der Abfallzusammensetzung ermittelt werden.

Dagegen überwogen bei Abfällen der Operationsabteilung gegenüber den anderen Krankenhausabfällen Tupfer, Naht- und Verpackungsmaterial, so daß Abfälle aus der Operationsabteilung bezüglich der Abfallbestandteile von anderen Krankenhausabfällen abgrenzbar sind.

4.3 Keimkonzentrationen

In Tabelle 32 sind die mikrobiologischen Untersuchungsergebnisse der vier Abfallarten zusammenfassend dargestellt. Als Indikatoren für eine Gefährdung können die Keimkonzentrationen und Nachweishäufigkeiten, daneben eventuell auch die Keimgruppenanteile, gewertet werden.

Keimkonzentrationen	
aerobe Bakterien	H > P > I > OP
(fak.) anaerobe Bakterien	P > H > I > OP
gramnegative Bakterien	H > P > I > OP
D-Streptokokken	H > P > I > OP
Streuung der Keimkonzentrationen	
aerobe Bakterien	H > P > I > OP
(fak.) anaerobe Bakterien	P > H > I > OP
gramnegative Bakterien	H > P > I > OP
D-Streptokokken	H > P > I > OP
Keimgruppenanteile	
(fak.) anaerobe Bakterien/ aerobe Bakterien	P > I > H > OP
gramnegative Bakterien/ aerobe Bakterien	P > H > OP > I
D-Streptokokken/ aerobe Bakterien	P > H > I > OP
Streuung der Keimgruppenanteile	
(fak.) anaerobe Bakterien/ aerobe Bakterien	P > I > H > OP
gramnegative Bakterien/ aerobe Bakterien	P > H > OP > I
D-Streptokokken/ aerobe Bakterien	H > P > I > OP
Breite des Keimspektrums:	H > P > I > OP
Nachweishäufigkeiten der Species bzw. Gattungen:	H > I > P > OP

Tabelle 32: Zusammenfassung der mikrobiologischen Untersuchungsergebnisse
(H = Privathaushalt, P = Normalpflege,
I = Intensivpflege, OP = Operationsabteilung)

4.3.1 Absolute Werte der Keimkonzentrationen

Da die Keimkonzentrationen der Einzelmessungen sehr starken Schwankungen unterlagen und dies im arithmetischen Mittel nicht zum Ausdruck kommt, wurden zur weiteren Charakterisierung der Verteilung auch die Streuungen der Keimkonzentrationen betrachtet.

4.3.1.1 Privathaushalt

Bei Hausmüll war die mittlere Keimkonzentration und Streuung für aerobe Bakterien am höchsten. Eine Abnahme beider Parameter war von gramnegativen Bakterien über D-Streptokokken zu den fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien zu verzeichnen.

4.3.1.2 Normalpflege

Für Abfälle der Normalpflege hatten aerobe Bakterien die höchste mittlere Keimkonzentration und Streuung. Die Werte der arithmetischen Mittelwerte der Keimkonzentrationen verringerten sich von den gramnegativen Bakterien über fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien zu den D-Streptokokken. Die Streuung war bei fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien größer als bei gramnegativen Bakterien. Die geringste Streuung hatten D-Streptokokken.

4.3.1.3 Intensivpflege

Die höchsten mittleren Keimkonzentrationen hatten bei Intensivpflegeabfällen die aeroben Bakterien. In der Reihenfolge fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien, D-Streptokokken und gramnegative Bakterien wurden die Keimkonzentrationen geringer. Die Streuung der aeroben Bakterien war gegenüber den fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien geringer, gegenüber den gram-

negativen Bakterien größer. Die geringste Streuung hatten gramnegative Bakterien.

4.3.1.4 Operationsabteilung

Bei Abfällen aus der Operationsabteilung nahm die Keimdichte von den aeroben Bakterien über gramnegative Bakterien zu fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien ab. D-Streptokokken konnten in keiner Abfallprobe nachgewiesen werden. Die Standardabweichung war für aerobe Bakterien am größten. Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien hatten eine geringere Streuung als gramnegative Bakterien.

4.3.2 Vergleich der mittleren Keimkonzentrationen

Hausmüll hatte, bis auf fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien, für alle Keimgruppen die höchste Keimkonzentrationen.

Im Krankenhausbereich waren für alle Keimgruppen die Konzentrationen in der Normalpflege am höchsten. Für alle Keimgruppen erreichten Intensivpflegeabfälle höhere mittlere Keimkonzentrationen als in der Operationsabteilung.

Aufgrund der mittleren Keimkonzentrationen läßt sich Hausmüll von Krankenhausabfällen abgrenzen.

Im Krankenhausbereich sind Normalpflegeabfälle dem Hausmüll - bezüglich der mittleren Keimkonzentrationen - angenähert, in der Intensivpflege und vor allem im Operationsbereich fallen wesentlich keimärmere Abfälle gegenüber Hausmüll an.

Innerhalb der Krankenhausabfälle bestehen deutliche Unterschiede in der Höhe der Keimkonzentrationen zwischen Normalpflegestation und der Operationsabteilung. Die mittleren Keimkonzentrationen der Intensivpflegeabfälle zeigten größere Über-

einstimmung mit den Keimkonzentrationen der Normalpflege.

Bei der Beurteilung der Keimkonzentrationen von Krankenhausabfällen ist allerdings der Einfluß der Untersuchungsmethode zu berücksichtigen. Mit Ausnahme von Normalpflegemüll war bei allen Krankenhausabfällen in einer oder meheren Proben kein Wachstum vorhanden, bei Hausmüll war das nie der Fall. Zum Teil ist dieser Befund auf Desinfektionsmittelreste zurückzuführen, die während der Suspendierung zu einer Keimreduktion in der Krankenhausmüllprobe führten. Die Eluatproben aller Krankenhausabfälle hatten gelegentlich einen deutlichen Desinfektionsmittelgeruch.

4.3.3 Vergleich der Streuung der Keimkonzentrationen

Die Streuung der Keimkonzentrationen war für alle Keimgruppen, mit Ausnahme der fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien, bei Hausmüll am größten. Innerhalb der Krankenhausabfälle war für alle Keimgruppen eine Abnahme der Streuung von Normalpflege über Intensivpflege zur Operationsabteilung zu verzeichnen. Die Streuungen der mittleren Keimkonzentrationen bestätigten die bei den mittleren Keimkonzentrationen festgestellten Unterschiede der Abfallarten.

4.3.4 Statistischer Vergleich der Lage- und Dispersionsparameter

4.3.4.1 Test signifikanter Mittelwertsunterschiede

Zwischen Hausmüll und Normalpflegestationsmüll war ein Unterschied in den Mittelwerten nur bei aeroben Bakterien signifikant. Gegenüber der Intensivpflege und Operationsabteilung hatte der Hausmüll bei allen Keimgruppen signifikante Mittelwertsunterschiede.

Normalpflegestationsmüll hatte gegenüber Abfällen aus der In-

tensivpflege bei aeroben und gramnegativen Bakterien, gegenüber Abfällen aus der Operationsabteilung bei allen Keimgruppen signifikante Mittelwertsunterschiede. Zwischen Intensivpflege und Operationsabteilung war bei gramnegativen Bakterien ein Mittelwertsunterschied nicht signifikant.

Durch diese Untersuchungergebnisse läßt sich Hausmüll eindeutig von Abfällen der Intensivpflege- und Operationsabteilung abgrenzen. Zwischen Abfällen der Normalpflege und aus Privathaushalten ist nahezu keine Unterscheidung bezüglich der Keimkonzentrationen zu treffen.

Im Krankenhausbereich unterscheidet sich Normalpflegemüll - bezüglich der mittleren Keimkonzentration - eindeutig von Operationsabteilungsabfällen. Die mittleren Keimkonzentrationen der Intensivpflege zeigen größere Übereinstimmung mit der Normalpflege.

4.3.4.2 Test signifikanter Dispersionsunterschiede

Der Rangdispersionstest ergab für Hausmüll signifikante Varianzunterschiede gegenüber Abfällen aus der Intensivpflege und der Operationsabteilung bei allen Keimgruppen. Gegenüber der Normalpflege ergab sich nur für aerobe Bakterien ein signifikanter Variationsunterschied.

Im Krankenhausbereich wurden signifikante Dispersionsunterschiede zwischen allen Abfallarten und bei allen Keimgruppen festgestellt.

Die Ergebnisse des Rangdispersionstests zeigen, wie schon die mit dem U-Test ermittelten signifikanten Mittelwertsunterschiede, daß Hausmüll sich deutlich von Abfällen der Intensivpflege- und Operationsabteilung unterscheidet, während zu Normalpflegeabfällen Ähnlichkeit in der Streuung besteht.

Bezüglich der Streuung sind die drei untersuchten Krankenhausabfälle als drei getrennte Abfallgruppen anzusehen.

4.4 Relative Häufigkeit einzelner Keimgruppen

4.4.1 Keimgruppenanteil der Abfallarten

4.4.1.1 Privathaushalt

Die relativen Keimgruppenanteile, bezogen auf aerobe Bakterien, waren bei Hausmüll für gramnegative Bakterien am größten. Den geringsten relativen Anteil hatten fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien. Entsprechend verhielten sich die Streuungen der Keimgruppenanteile.

4.4.1.2 Normalpflege

Bei Normalpflegeabfällen nahm die relative Häufigkeit und Streuung der Keimgruppenanteile von gramnegativen Bakterien über D-Streptokokken zu fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien ab.

4.4.1.3 Intensivpflege

Fakultativ anaerobe und anaerobe Bakterien hatten bei Intensivpflegeabfällen den relativ größten Anteil an der Gesamtkonzentration aerober Bakterien, gramnegative Bakterien den relativ geringsten Anteil. Entsprechend verhielten sich die Streuungen der Keimgruppenanteile.

4.4.1.4 Operationsabteilung

Bei Abfällen der Operationsabteilung war das prozentuale Verhältnis von gramnegativen Bakterien zu aeroben Bakterien, sowie die dazugehörige Streuung, am größten. D-Streptokokken waren nicht nachweisbar.

4.4.2 Vergleich der mittleren Keimgruppenanteile

Die Normalpflege hatte bei allen Keimgruppen die höchsten Keimgruppenanteile. Bis auf die Anteile der fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien hatte Hausmüll höhere relative Keimkonzentrationen als Intensiv- und Operationsabteilung. Die Operationsabteilung hatte bei den gramnegativen Bakterien eine höheren Keimgruppenanteil als die Intensivpflege.

Aufgrund dieser Ergebnisse kann Hausmüll bezüglich der Keimgruppenanteile nur von Abfällen der Operationsabteilung unterschieden werden.

Die Krankenhausabfälle sind in zwei Gruppen zu unterteilen, einerseits die Normalpflege mit hohen Keimgruppenanteilen, andererseits Intensiv- und Operationsabteilung mit niedrigen Keimgruppenanteilen.

4.4.3 Vergleich der Streuung der Keimgruppenanteile

Die Streuungen der Keimgruppenanteile waren bei Hausmüll - bis auf D-Streptokokken - geringer als bei Normalpflegeabfällen, gegenüber der Intensivpflege - mit Ausnahme der fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien - größer. Alle Keimgruppenanteile der Operationsabteilung hatten gegenüber Hausmüll eine geringere Variabilität.

Bei den Krankenhausabfällen hatten die Keimgruppenanteile der Normalpflege die größte Streubreite. Bis auf gramnegative Bakterien bestand bei den Keimgruppenanteilen der Intensivpflege eine größere Variabilität gegenüber der Operationsabteilung.

Die Streuungen der Keimgruppenanteile bestätigen die Unterschiede der Abfallarten die schon bei den relativen Keimkonzentrationen ermittelt wurden.

4.5 Keimspektrum

Das Keimspektrum, bezogen auf die nachgewiesenen Species, war für Hausmüll am breitesten. Bei den Krankenhausabfällen wurden die meisten Species bei der Normalpflege nachgewiesen. Extrem eng war das Keimspektrum der Operationsabteilung mit nur einem Species.

Zur Abschätzung des Gefährdungspotentials ist die Breite des Keimspektrums nicht verwendbar, da diese von Art und Umfang der Untersuchung abhängt. Des weiteren gibt es auch keine Zusammenstellung, welche Keime für eine Gefährdung im Siedlungsbereich relevant sind. Nosokomiale Keime konnten sowohl in den Haus- als auch den Krankenhausabfällen nachgewiesen werden, so daß auf Grund des Keimspektrums keine Unterscheidung zwischen den beiden Müllsorten gemacht werden konnte.

4.5.1 Nachweishäufigkeiten der Species und Gattungen in den Abfallarten

4.5.1.1 Privathaushalt

Im Hausmüll konnten am häufigsten Species der Gattung Enterobacter und D-Streptokokken nachgewiesen werden. Eine mittlere

Nachweishäufigkeit hatten Species der Gattung Klebsiella, Escherichia coli und Pseudomonas fluorescens. Serratia marcescens und Species der Gattung Proteus wurden wesentlich seltener identifiziert.

4.5.1.2 Normalpflege

Escherichia coli hatte die größte Nachweishäufigkeit in Abfällen der Normalpflege. Die zweitgrößten Nachweishäufigkeiten hatten D-Streptokokken und Species der Gattung Klebsiella. Enterobacter cloacae, Serratia marcescens, Staphylococcus aureus und Species der Gattung Proteus konnten nur in wenigen Abfallproben nachgewiesen werden.

4.5.1.3 Intensivpflege

Am häufigsten wurden Pseudomonas aeruginosa, D-Streptokokken und Escherichia coli bei Intensivpflegeabfällen identifiziert. Eine mittlere Nachweishäufigkeit hatte Staphylococcus aureus. In wenigen Abfallproben waren Enterobacter cloacae und Proteus morganii enthalten.

4.5.1.4 Operationsabteilung

Bei Abfällen der Operationsabteilung konnte nur Escherichia coli identifiziert werden.

4.5.2 Vergleich der Nachweishäufigkeiten zwischen den Abfallarten

Hausmüll hatte gegenüber allen Krankenhausabfällen für Serratia marcescens und die Gattungen D-Streptokokken, Enterobacter, Klebsiella und Proteus höhere Nachweishäufigkeiten.

Aus der Gattung Enterobacter konnten bei Hausmüll Enterobacter cloacae, Enterobacter agglomerans, Enterobacter aerogenes und Enterobacter gergoviae identifiziert weden, während bei Krankenhausabfällen nur Enterobacter cloacae nachweisbar war. Die Gattung Klebsiella war bei Hausmüll durch die Spezcies Klebsiella ozeanae, Klebsiella pneumoniae und Klebsiella oxytoca vertreten, in Krankenhausabfällen konnten nur die beiden letzten Species nachgewiesen werden. Aus der Gattung Proteus wurden für Hausmüll und Krankenhausabfälle unterschiedliche Species identifiziert: Proteus rettgeri und Proteus mirabilis bei Hausmüll, Proteus vulgaris und Proteus morganii in Krankenhausabfällen.

Lediglich für Escherichia coli in Normalpflege- sowie in Intensivpflegeabfall und Pseudomonas spec. in Intensivpflegeabfall war die Nachweishäufigkeit gegenüber Hausmüll höher.

Aus der Gattung Pseudomonas wurde in Hausmüll Pseudomonas fluorescens in Intensivpflegeabfall Pseudomonas aeruginosa identifiziert.

Staphylococcus aureus war nur in Krankenhausabfällen nachweisbar.

Innerhalb der Krankenhausabfälle hatte Intensivpflegemüll für die meisten Species bzw. Gattungen die größten Nachweishäufigkeiten.

So waren für D-Streptokokken, Staphylococcus aureus, Proteus spec. und Pseudomonas spec. die Nachweisehäufigkeiten bei der Intensivpflege gegenüber der Normalpflege größer.

Während in der Intensivpflege Pseudomonas aeruginosa identifiziert wurde, wurde bei der Normalpflege Pseudomonas fluorescens identifiziert.

Nur für Escherichia coli und Enterobacter spec. hatte die Normalpflege gegenüber der Intensivpflege höhere Nachweishäufigkeiten.

Die Operationsabteilung hatte für Escherichia coli - als einzige identifizierte Spezies - gegenüber den anderen Krankenhausabfällen eine geringere Nachweishäufigkeit.

Aufgrund der Nachweishäufigkeiten kann Hausmüll von Krankenhausabfällen unterschieden werden. Bei den Krankenhausabfällen ist eine Abnahme der Nachweishäufigkeiten von der Intensivpflege über Normalpflege zur Operationsabteilung zu verzeichnen.

4.6 Vergleich der Untersuchungergebnisse mit den Befunden anderer Autoren

In den Tabellen 33 und 34 sind neben den Ergebnissen dieser Untersuchungen die Befunde anderer Autoren zusammengestellt. Für einen direkten Vergleich der Keimkonzentrationen wurden aus dem vorliegenden Zahlenmaterial die arithmetischen Mittelwerte berechnet. Da die hier untersuchten Normalpflegeabfälle sowohl hausmüllähnliche wie krankenhausspezifische Bestandteile enthielten, wurden die von Althaus et al. (12) für hausmüllähnliche Abfälle und krankenhausspezifische Abfälle der Normalpflegestation getrennt ermittelten Keimkonzentration zum besseren Vergleich zusammengefaßt.

Dabei ergibt sich für Krankenhausabfälle (Tabelle 33) bezüglich der einzelnen Keimgruppen eine gute Übereinstimmung mit den Werten bei Burchinal (19). Auch bei Burchinal ist eine Abnahme der Keimkonzentrationen von der Normalpflege über die Intensivpflege zur Operationsabteilung festgestellt worden.

Hingegen geben Althaus et al. (12) für die Normalpflegestationsabfälle um drei Zehnerpotenzen nierigere Keimkonzentratio-

Autoren	Keimgruppe	Normal-pflege	Intensiv-pflege	OP-Abteilung
Althaus et al.[a] (12)	Aerobe Bakterien	I $6.0*10^4$	I $5.7*10^5$	I $1.1*10^6$
		II $2.8*10^5$		II $8.8*10^3$
	Coliforme Bakterien	I $6.3*10^5$	I $3.7*10^5$	I $5.3*10^5$
		II $2.0*10^4$		II $1.1*10^2$
Burchinal[a] (19)	Aerobe Bakterien	III $4.2*10^7$	IV $6.1*10^6$	IV $1.4*10^3$
		IV $1.1*10^7$		
	Coliforme Bakterien	III $1.1*10^7$	IV $2.3*10^6$	IV < 10
		IV $1.3*10^6$		
	D-Streptokokken	III $2.9*10^7$		
eigene Untersuchungen	Aerobe Bakterien	$3.4*10^8$	$2.2*10^6$	$2.3*10^4$
	Gramnegative Bakterien	$2.8*10^7$	$7.2*10^4$	$5.8*10^3$
	D-Streptokokken	$1.2*10^6$	$2.9*10^5$	0.0
	(fak.) anaerobe Bak	$2.6*10^7$	$2.1*10^6$	$1.7*10^3$

Tabelle 33: Keimkonzentrationen (arithm.Mittel (KBE/g) in chirurgischen Krankenhausabfällen
I-IV: verschiedene Krankenhäuser
[a] Für einen direkten Vergleich wurden aus dem vorliegenden Zahlenmaterial die arithmetischen Mittelwerte berechnet

nen an. Die von Althaus et al. ermittelten Keimkonzentrationen krankenhausspezifischer Abfälle der Intensivpflege und Operationsabteilung zeigen weitgehende Übereinstimmung mit den hier dargestellten Ergebnissen.

Die Keimdichte aerober Bakterien im Hausmüll (Tabelle 34) zeigte eine weitgehende Ähnlichkeit mit den Ergebnissen von

Autoren	Keimgruppe	Privat-haushalt
Althaus et al.[a] (12)	Aerobe Bakterien	$7.2*10^6$
	Coliforme Bakterien	$8.4*10^5$
Peterson und Stutzenberger[a] (41)	Aerobe Bakterien	$2.3*10^8$
	Coliforme Bakterien	$1.5*10^6$
Gaby[a] (23)	Coliforme Bakterien	$1.0*10^7$
	D-Streptokokken	$1.0*10^6$
eigene Untersuchungen	Aerobe Bakterien	$6.1*10^9$
	Gramnegative Bakterien	$6.0*10^7$
	D-Streptokokken	$1.0*10^7$
	(fak.) anaerobe Bak.	$9.6*10^6$

Tabelle 34: Keimkonzentrationen (arithm.Mittel (KBE/g) in Haushaltsabfällen
[a] Für einen direkten Vergleich wurden aus dem vorliegenden Zahlenmaterial die arithmetischen Mittelwerte berechnet

Peterson und Stutzenberger (41), dagegen geben Althaus et al. (12) eine um drei Zehnerpotenzen niedrigere Keimkonzentration an.

Die in diesen Untersuchungen ermittelte mikrobielle Belastung des Hausmülls mit D-Streptokokken entsprach den von Gaby (23,

zitiert nach Gordon et.al. (27)) ermittelten Keimkonzentrationen.

Althaus et al. (12) konnten aufgrund der Identifizierung von fakultativ pathogenen Keimen sowohl im Hausmüll als auch in Krankenhausabfällen kein größeres Gefährdungspotential für Krankenhausmüll ermitteln. Zum gleichen Ergebnis führte eine Gegenüberstellung des in Krankenhausmüll ermittelten Keimspektrums von Burchinal (19) mit dem in Hausmüllproben spezifizierten Keimen durch Gaby (23), die von Gordon et.al. (27) durchgeführt wurde.

4.7 Bewertung der Ergebnisse

Wie die Untersuchungsergebnisse für die vier Abfallarten gezeigt haben, können vor allem die Keimkonzentrationen und die Nachweishäufigkeiten, daneben eventuell auch die Keimgruppenanteile als Indikatoren für eine Gefährdung gewertet werden.

4.7.1 Zum Infektionsrisiko von Krankenhausabfällen im Krankenhaus

Fakultativ pathogene Keime können bei abwehrgeschwächten Patienten zu nosokomialen Infektionen führen. Im Krankenhausbereich besteht durchaus die Möglichkeit, daß Keime aus Abfällen an nosokomialen Infektionen bei abwehrgeschwächten Patienten beteiligt sind, wenn auch als ein Faktor unter vielen. Auf den Krankenhausstationen kann es durch manuellen Umgang des Pflegepersonals mit Abfällen zu einer Kontamination der Hände des Pflegepersonals kommen und auf diesem Wege zu einer Übertragung von nosokomialen Infektionserregern auf Patienten führen. Daneben besteht aber auch die Möglichkeit, daß nosokomiale Infektionserreger durch Luftströmung von Abfällen auf Patienten übertragen werden. Eine Übertragung von nosokomialen Infektionserregern durch direkten Kontakt des Patienten mit Abfällen

hält Sander (45) für unwahrscheinlich.

Zur Abschätzen des Infektionspotentials krankenhausspezifischer Abfälle wurden Abfälle verschiedener Krankenhausabteilungen untersucht. Danach scheint Normalpflegemüll innerhalb der Krankenhausabfälle die höchste mikrobielle Belastung zu haben. Lediglich die Nachweishäufigkeiten waren in der Intensivpflege höher. Müll aus dem Operationsbereich zeigte bei fast allen Merkmalen die geringsten Werte.

Im Krankenhausbereich können Abfälle der Normalpflege und Operationsabteilung deutlich unterschieden werden, die Abfälle der Intensivpflege sind bezüglich der Keimkonzentrationen - bei Prüfung von signifikanten Keimkonzentrationsunterschieden - und Nachweishäufigkeiten der Normalpflege zuzuordnen, bezüglich der Keimgruppenanteile der Operationsabteilung.

Diese hier dargestellten Befunde sind insofern bemerkenswert, da in der Literatur die Ansicht vertreten wird, daß krankenhausspezifische Abfälle der Intensiv- und Operationsabteilungen eine höhere mikrobielle Belastung als krankenhausspezifische Abfälle der Normalpflegestationen haben (Schindel, 46, 47; Steuer, 50); bei alleiniger Beurteilung des mikrobiellen Status birgt dagegen der Normalpflegemüll größere Risiken.

Die höhere mikrobielle Belastung der Normalpflegeabfälle gegenüber Abfällen der Intensivpflege und besonders gegenüber Abfällen der Operationsabteilung lassen sich teilweise durch den geringeren Gebrauch von Desinfektionsmitteln in der Normalpflege erklären. Wie schon dargestellt, waren, trotz gelegentlichem Desinfektionsmittelgeruch, in allen Abfallproben der Normalpflege Bakterien identifiziert worden, während bei mehreren Abfallproben aus der Operationsabteilung kein Bakterienwachstum nachweisbar war.

Möglicherweise spielt auch die qualitative Zusammensetzung des Normalpflegeabfalls eine Rolle. Wie die qualitative Beschrei-

bung der Abfallarten gezeigt hat, hatte Normalpflegemüll der hier untersuchten Krankenhausstation auch einen erheblichen Anteil an hausmüllähnlichen Bestandteilen. Untersuchungen von Althaus et al. (12) ergaben für hausmüllähnliche Abfälle aus chirurgischen Normalpflegestationen in vielen Fällen eine größere Keimbelastung gegenüber krankenhausspezifischen Abfällen der entsprechenden Normalpflegestation.

Zur Verhütung von Krankenhausinfektionen bei Patienten müssen deshalb besonders Normalpflegeabfälle - sowohl hausmüllähnliche als auch krankenhausspezifische Abfälle - mit hygienischer Sorgfaltspflicht beseitigt werden. Das für hausmüllähnliche Abfälle angenommene geringere Infektionsrisiko bei abwehrgeschwächten Patienten in der Entsorgungsrichtlinie "Anforderungen der Hygiene an die Abfallentsorgung" (7), die sich als einzige Entsorgungsrichtlinie mit der Infektionsverhütung in der Krankenhaushygiene befaßt, kann durch die dargestellten Untersuchungen nicht bestätigt werden und eine getrennte Sammlung von hausmüllähnlichen Abfällen und krankenhausspezifischen Abfällen auf den Krankenhausstationen in farblich unterschiedlich gekennzeichneten Müllbehältern, wie es vielfach gefordert wird (6; 7; Förch u. Seyfried, 22; Schindel 46, 47; Steuer 50; Swatek u. Rimmasch, 51) erscheint nach den hier dargestellten Ergebnissen nicht sinnvoll.

4.7.2 Zum Infektionsrisiko von Krankenhausabfällen aus der Sicht der Siedlungshygiene

Zur Beurteilung des Infektionspotentials von krankenhausspezifischen Abfällen im Siedlungsbereich wurden die Keimkonzentrationen und das Keimspektrum von Haushaltsabfällen aus Einfamilienhaushalten mit den entsprechenden mikrobiologischen Werten der Krankenhausabfälle verglichen.

Danach scheinen Krankenhausabfälle bezüglich der mittleren Keimkonzentrationen und Nachweishäufigkeiten weniger mikrobiell

belastet zu sein als Hausmüll. Prüft man aber die Unterschiede der Keimkonzentrationen und die dazugehörigen Streuungen auf Signifikanz so hat Hausmüll nur gegenüber Abfällen der Intensivpflege und Operationsabteilung einen größeren Keimgehalt.

Bei Betrachtung der Keimgruppenanteile hat Hausmüll eine höhere mikrobielle Kontamination als Abfälle der Intensiv- und Operationsabteilung, dagegen sind die relativen Keimkonzentrationen in der Normalpflege höher.

Im Gegensatz zu diesen Befunden wird in der Literatur die Ansicht vertreten, daß Krankenhausabfälle wesentlich stärker kontaminiert sind als Hausmüll (Knoll, 33; Matthies, 37; Schindel, 46, 47), daß insbesondere Krankenhausabfälle ein optimales Nährmedium für Krankheitserreger darstellen (Förch u. Seyfried, 22; Knoll, 33; Matthies, 37) oder daß Krankenhausabfälle erhebliche Mengen keimhaltiger Aerosole emittieren (Förch u. Seyfried, 22; Matthies, 37; Steuer, 50). Dabei beruhen die Angaben zum Keimgehalt von krankenhausspezifischen Abfällen und Hausmüll - von wenigen Ausnahmen abgesehen (Althaus et al., 12; Burchinal, 19; Gaby, 23; Peterson u. Stutzenberger, 41) - auf Annahmen (Barniske, 14, 15; Göttsching, 24, 25, 26).

Bei alleiniger Beurteilung des mikrobiellen Status von krankenhausspezifischen Abfällen ist eine Gefährdung des Krankenhauspersonals und der Bevölkerung im Siedlungsbereich durch krankenausspezifische Abfälle nicht anzunehmen. Wie schon dargestellt, sehen auch Althaus et al. (12) sowie Gordon et al. (27) aufgrund quantitativer und qualitativer mikrobiologischer Untersuchungen von krankenhausspezifischen Abfällen und Hausmüll keine größere hygienische Bedenklichkeit bei Krankenhausabfällen. Auch im ZfA Merkblatt 8 (6) und in der Entsorgungsrichtlinie "Anforderungen der Hygiene an die Abfallentsorgung" (7) wird für krankenhausspezifische Abfälle kein gegenüber Hausmüll größeres Infektionspotential im Siedlungsbereich gesehen.

Dagegen wird in der Literatur vielfach angenommen, daß kranken-

hausspezifische Abfälle,die fakultativ pathogene Infektionserreger enthalten können, ein Infektionsrisiko für Pflege- und Transportpersonal, Müllwerker und die Bevölkerung allgemein beinhalten. (Anna u. Klie, 13; Hueber, 32; Reichelt, 42, 43; Schindel 46, 47; Steuer, 50). Nur in sehr wenigen Publikationen wird das Infektionsrisiko für die Siedlungshygiene in Frage gestellt (Barniske, 14, 15; Sander, 45). Diese Autoren weisen darauf hin, daß die bisherige Erfahrung keine Belege füe eine Gefährdung im Siedlungsbereich erbracht hat und daß das Risiko nicht größer ist als beim Umgang mit Hausmüll.

Eine Bewertung der krankenhausspezifischen Abfälle hinsichtlich der Infektionsgefahr mit Hepatitis-B-Viren wurde in diesen Untersuchungen nicht durchgeführt. Einige Autoren sind der Ansicht, daß Abfälle aus dem Pflege- und Operationsbereich, die mit Blut kontaminiert sind, ebenso wie Abfälle aus Infektionsstationen und medizinischen Laboratorien Hepatitis-B-Viren beinhalten können. Dabei wird lediglich die in anderem Zusammenhang ermittelte Kontamination von 1% aller Blutproben mit Hepatitis-B-Viren aufgeführt (Böhm u. Schmiedel, 18; Hentschel, 31; Schindel 46, 47; Steuer, 50). Es werden aber in der Literatur keine Fälle beschrieben, in denen eine Hepatitis-B-Infektion ursächlich durch Verletzung bei Umgang mit Abfällen zurückzuführen ist (Althaus et al., 12). Auch ist es wahrscheinlicher, daß Hepatitis-B-Viren vor allem durch den direkten Umgang des Personals mit blutkontaminierten Instrumenten übertragen werden. Bei korrekter Einsammlung der Krankenhausabfälle wird von Sander (45) keine Übertragung von Hepatitis-B-Viren befürchtet.

Entsprechend der unterschiedlichen Auffassungen über die hygienische Bedenklichkeit von krankenhausspezifischen Abfällen ist ein häufiger Diskussionspunkt der Veröffentlichungen die Auslegung der Bestimmungen zur Klassifizierung von Krankenhausabfällen. Unter dem Gesichtspunkt der Siedlungshygiene trennen viele Krankenhäuser die Abfälle nach dem ZfA Merkblatt Nr.8 (6), das wie die Entsorgungsrichtlinie "Anforderungen der Hygiene an die

Abfallentsorgung" (7) nur für Abfälle aus Infektionsstationen und Laboratorien, die obligat pathogene Infektionserreger im Sinne des BSeuchG (3) enthalten können, eine besondere Endbeseitigung vorsieht. In der "Verordnung zur Bestimmung von Abfällen" nach §2 Abs.2 AbfG (2) sowie in einigen Bundesländern und Krankenhäusern werden aber noch ein Teil der mit fakultativ pathogenen Erregern kontaminierten krankenhausspezifischen Abfälle als infektiös im Sinne des BSeuchG (3) gewertet und für diese Abfälle deshalb auch eine aufwendigere Entsorgung gefordert.

In Baden-Württemberg werden Einwegartikel und Wundverbände, soweit diese mit Blut oder Körperflüssigkeiten in Berührung gekommen sind, zu den zu verbrennenden Abfällen gezählt (Hueber, 32). An der Medizinischen Hochschule Hannover werden zusätzlich die gesamten Abfälle der Hämodialyse- sowie Nierentransplantationseinheit und alle Abfälle, die mit Patienten der Intensivpflege- und Aufnahmestation in Berührung gekommen waren, als infektiöser Müll gewertet (9). Schindel (46, 47) sieht die gesamten Abfälle aus dem Operationsbereich, den Infektionsabteilungen, der Intensivpflege, den Chirurgiestationen, der Geburtshilfe und Gynäkologie, der urologischen Abteilungen, Dialysestationen und Laboratorien als infektionsverdächtig an.

Die Klassifizierung ist von großer Bedeutung, da hier über die Menge der Abfälle entschieden wird, die eine aufwendigere Entsorgung benötigen (Sander, 45). In verschiedenen Publikationen werden Ergebnisse über Gewichts- und Volumenbestimmungen von krankenhausspezifischen, hausmüllähnlichen und nach dem BSeuchG infektiösen Abfällen dargestellt. Dabei wird die ermittelte Menge zur Anzahl der Betten, Patienten, zur Ausrichtung der Station oder dem Gesamtmüllaufkommen in Beziehung gesetzt (Barniske, 14, 15; Böhm u. Schmiedel, 18; Förch u. Seyfried, 22; Hueber et.al., 32; Knoll, 33; Reichert, 42, 43; Steuer, 50; Swatek u. Rimmasch, 51). Nach Barniske (14, 15) schwanken die Mengenanteile des besonders zu entsorgenden Mülls in bezug auf

den Gesamtabfall wegen unterschiedlicher Meinungen über die hygienische Gefährlichkeit von Krankenhausabfällen zwischen 5 und 70 Prozent. Bei weitgehender exakter Einhaltung der Klassifizierungsempfehlung des ZfA Merkblattes Nr. 8(6) erwartet Barniske (14, 15) nur 5 bis 10 Gewichtsprozent aufwendig zu entsorgenden Müll.

4.7.3 Zur Entsorgung von Krankenhausabfällen

Sehr ausführlich werden in der Literatur die einzelnen Schritte der Entsorgung dargestellt. Unter der Voraussetzung, daß ein Teil der Krankenhausabfälle für Krankenhaus- und Siedlungshygiene eine Gefährdung darstellen, werden Maßnahmen für Sammlung, Transport innerhalb des Krankenhauses, Zwischenlagerung, Transport außerhalb des Krankenhauses und Endbeseitigung von Krankenhausabfällen vorgeschlagen.

Zur Verhinderung von Keimausbreitung sollen die Abfälle, wie in der Entsorgungsrichtlinie "Anforderungen der Hygiene an die Abfallentsorgung" (7) dargestellt, unter Vermeidung von Aerosol- und Staubentwicklung in gut verschließbaren, wasserdichten und stichfesten Einwegbehältern in den Krankenzimmern gesammelt und anschließend bis zum Abtransport in einen seperaten Raum der Krankenhausstation abgestellt werden (Steuer, 50). Für hausmüllähnliche Abfälle, krankenhausspezifische Abfälle und Abfälle aus Infektionsstationen werden dazu farblich unterschiedliche Müllbehälter vorgeschlagen.

Um eine Keimausbreitung beim Transport der Abfälle innerhalb des Krankenhausbereiches zu vermeiden sollen die Abfälle ohne vorheriges Umfüllen oder Sortieren in verschlossenen Behältern zur zentralen Lagerstelle befördert werden (7). Für den Transport innerhalb des Krankenhauses werden Container oder Spezialfahrzeuge, die gut zu desinfizieren sind, vorgeschlagen. Müllabwurfschächte werden wegen der Gefahr der aerogenen Keimausbreitung allgemein abgelehnt.

Die Anforderungen für die zentrale Lagerstelle reichen von gut durchlüfteten, nicht geruchsbelästigenden, verschließbaren und desinfizierbaren Räumlichkeiten bis zu gekühlten Räumen (7). Abfälle, die obligat pathogene Erreger in Sinne des BSeuchG (3) enthalten, sollen getrennt von hausmüllähnlichen und krankenhausspezifischen Abfällen gelagert werden (7). Wird die Endbeseitigung der Abfälle außerhalb des Krankenhauses durchgeführt, so werden für den Transport Spezialfahrzeuge vorgeschlagen, die gut reinigbar und desinfizierbar sein sollen.

Der wesentliche Punkt vieler Arbeiten ist der Art der Endbeseitigung gewidmet. Unter der Voraussetzung, daß es sich um infektiöse Abfälle für die Siedlungshygiene handelt, kommen hierfür nur die Verbrennung oder die Entseuchung durch Desinfektion oder Sterilisation in Betracht.

Von einigen Autoren wird die Verbrennung bevorzugt, da sie zu einer deutlichen Gewichts- und Volumenreduktion der Abfälle führt und eine Wärmerückgewinnung möglich ist. Neben den schon erwähnten umweltpolitischen Bedenken gegenüber der Verbrennung von Krankenhausabfällen führen Kritiker der Verbrennung Beispiele an, in denen bei unsachmäßigem Betrieb Keime über die Kamine entweichen oder bei unvollständiger Verbrennung feuchter Müllbestandteile im Ausbrand zurückbleiben können (Förch u. Seyfried, 22; Kumpf, Maas u. Straub, 35; Swatek u. Rimmasch, 51).

Befürworter der Entseuchung durch Sterilisations- oder Desinfektionsverfahren weisen auf die Priorität der Entseuchung gegenüber der Verbrennung hin oder sehen für die unbehandelten Abfälle ein großes Infektionsrisiko beim Transport (Anna u. Klie, 13; Hentschel, 31; Knoll, 33; Schindel, 46,47). Andere Autoren halten die Dampfsterilisation von Müllbestandteilen für keine ausreichende Entseuchung, da es hierbei in Eiweißkoagulat zum Einschluß von Keimen kommen kann, die später wieder freigesetzt werden können (Böhm, 17).

Als weitere Endbeseitigungsmethode wird in der USA die Granulierung und Überführung der krankenhausspezifischen Abfälle in das Abwassersystem praktiziert (Small, 49; Weintraub u. Kern, 53). Diese Endbeseitigung wird von anderen Autoren kritisch betrachtet (Litsky et.al., 36).

Die hier beschriebenen Ansichten über Infektiösität von krankenhausspezifischen Abfällen, Klassifizierung und Entsorgungspraxis in der Bundesrepublik Deutschland werden im wesentlichen auch im Ausland vertreten (Schwedisches Reichsnaturschutzamt, 11; Block u. Netherson, 16; De Ross, 20, 21; Greene et.al., 28; Hart, 30; Litsky et.al., 36; Michaelsen, 38; Negus, 39; Oviatt, 40; Schreiber, 48; Small, 49; Wallace et.al., 52; Weintraub u. Kern, 53).

Nach den Ergebnissen dieser Arbeit sind bei alleiniger Beurteilung des mikrobiellen Status im Krankenhausbereich, wie oben dargestellt, im Gegensatz zur Entsorgungsrichtlinie "Anforderungen der Hygiene an die Abfallentsorgung" (7) nur zwei Abfallarten zu unterscheiden: mit fakultativ pathogenen Infektionserregern kontaminierte Abfälle - sowohl hausmüllähnliche als auch krankenhausspezifische Abfälle - aus dem Pflege- und Operationsbereich, mit obligat pathogenen Erregern kontaminierte Abfälle aus Infektionsstationen und Laboratorien.

Da Patienten im Krankenhausbereich sowohl an einer Infektion durch fakultativ pathogene Erreger als auch an einer Infektion durch obligat pathogene Erreger erkranken können, spielt diese Aufteilung der Krankenhausabfälle für die Krankenhaushygiene keine entscheidende Rolle. Entscheidend für die Verhütung von Infektionen bei Patienten ist die Einschränkung von Keimausbreitung. Bei hygienischer Sorgfaltspflicht des Personals und der Beseitigung der beiden Abfallarten nach den oben beschriebenen Entsorgungsvorschlägen innerhalb des Krankenhauses ist die Gefährdung von abwehrgeschwächten Patienten als gering anzusehen. Da die Art der Endbeseitigung von Krankenhausabfällen keinen Einfluß auf die Verhütung von Krankenhausinfektionen

hat, können Abfälle, die mit fakultativ pathogenen Erregern kontaminiert sind außerhalb des Krankenhausbereiches wie Hausmüll entsorgt werden.

Bezüglich der Siedlungshygiene ist die Aufteilung der Krankenhausabfälle in zwei Abfallgruppen sinnvoll. Wie die mikrobiologischen Untersuchungen dieser Arbeit gezeigt haben ist die Gefährdung des Krankenhauspersonals und der Bevölkerung im Siedlungsbereich durch krankenhausspezifische Abfälle geringer als bei Hausmüll. Somit müssen zum Schutz der Öffentlichkeit, wie in Entsorgungsrichtlinien und gesetzlichen Grundlagen gefordert (1, 3, 6, 7), nur mit obligat pathogenen Infektionserregern kontaminierte Abfälle einer besonderen Endbeseitigung zugeführt werden.

5.0 Zusammenfassung

Krankenhausabfälle aus dem Bereich der Chirurgie (Operationsabteilung, Intensivpflege- und Normalpflegestation) sowie Haushaltsabfälle wurden auf Keimkonzentrationen und Keimspektrum untersucht. Hierzu wurde eine neue Methode zur Keimeluierung von Abfallteilen entwickelt, die es gestattete, die Abfälle unsortiert und der Menge zu verarbeiten, wie sie an einem Tag auf einer Krankenhausstation anfallen.

Die pro Gramm Feuchtmüll ermittelten Gesamtkonzentrationen aerober Bakterien lagen im Zehnerpotenzbereich von 10^9 bei Haushaltsabfällen, 10^8 bei Normalpflegeabfällen, 10^6 bei Intensivpflegeabfällen und 10^4 bei Abfällen der Operationsabteilung. Der Keimgehalt gramnegativer Bakterien und D-Streptokokken war in Hausmüll, der Keimgehalt von fakultativ anaeroben und anaeroben Bakterien in Normalpflegeabfällen am größten. Bei den Krankenhausabfällen verringerten sich die Konzentrationen aller Keimgruppen von der Normal- über die Intensivpflege zur Operationsabteilung. Die Signifikanzprüfung der ermittelten Keimkonzentrations- und dazugehörigen Streuungsunterschiede zeigte, daß Hausmüll nur gegenüber Intensiv- und Operationsabteilungsabfällen einen größeren Keimgehalt hatte.

Die höchsten Keimgruppenanteile hatte Normalpflegeabfall, eine Abnahme der Keimgruppenanteile erfolgte von Haushaltsabfall über Intensiv- zu Operationsabteilungsabfall.

Das breiteste Keimspektrum und die höchsten Nachweishäufigkeiten, bezogen auf die nachgewiesenen fakultativ pathogenen Infektionserreger, hatten Haushaltsabfälle. Unter den Keimen die in Haushaltsabfällen nicht oder nur weniger häufig als in Krankenhausabfällen nachzuweisen waren, befanden sich Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus und Escherichia coli. Dagegen überwog in Haushaltsabfällen das Vorkommen von Klebsiella spec., Proteus spec., D-Streptokokken und Serratia marcescens, sodaß auf Grund des Artenspektrums ein geringeres

Gefährdungspotential des Hausmülls nicht generell festgestellt werden konnte. Bei den Krankenhausabfällen verringerte sich die Breite des Keimspektrums von der Normalpflege über die Intensivpflege zur Operationsabteilung. Lediglich die Nachweishäufigkeiten bei der Intensivpflege erreichten gegenüber der Normalpflege höhere Werte.

Nach den mikrobiologischen Ergebnissen dieser Untersuchungen scheinen innerhalb der Krankenhausabfälle Normalpflegeabfälle ein höheres Infektionsgefährdungspotential als Abfälle der Intensivpflege und Operationsabteilung zu haben. Der erhöhte Keimgehalt in Normalpflegemüll war teilweise durch den geringeren Gebrauch von Desinfektionsmitteln in der Normalpflege, teilweise durch die qualitative Zusammensetzung der Normalpflegeabfälle - sowohl krankenhausspezifische als auch hausmüllähnliche Abfallbestandteile - zu erklären. Zur Verhütung von Infektionen durch fakultativ pathogene Keime bei abwehrgeschwächten Patienten im Krankenhaus muß deshalb besonders bei Normalpflegeabfällen - sowohl hausmüllähnlichen als auch krankenhausspezifischen - eine Keimausbreitung verhindert werden. Bei hygienischer Sorgfaltspflicht des Personals und Einsammeln der gesamten Abfälle, ohne Trennung von hausmüllähnlichen und krankenhausspezifischen Abfällen, auf den Krankenhausstationen in dichtschließenden Müllbehältern ist die Infektionsgefährdung von Patienten als gering anzusehen. Die Art der Endbeseitigung der Krankenhausabfälle spielt in der Krankenhaushygiene keine Rolle.

Gegenüber Hausmüll scheinen Krankenhausabfälle - bei alleiniger Berücksichtigung des mikrobiellen Status - ein geringeres Infektionsgefährdungspotential für das Krankenhauspersonal und die Bevölkerung außerhalb des Krankenhauses zu besitzen. Bezüglich der Siedlungshygiene sind somit Abfälle aus dem Pflege- und Operationsbereich, die mit fakultativ pathogenen Infektionserregern kontaminiert sind, keiner besonderen Entsorgung sowie Endbeseitigung zuzuführen und können wie Hausmüll entsorgt werden.

6.0 Literatur

1 - Anonym: Gesetz über die Beseitigung von Abfällen (Abfallbeseitigungsgesetz - AbfG) vom 7.6.1972, Bundesgesetzblatt, Teil 1, in der Fassung vom 4.3.1982

2 - Anonym: Verordnung zur Bestimmung von Abfällen nach §2 Abs. 2 AbfG, Bundesgesetzblatt Teil 1, 28.5.1977

3 - Anonym: Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung übertragbarer Krankheiten beim Menschen (Bundesseuchengesetz -BSeuchG), Bundesgesetzblatt Teil 1, 18.12.1979

4 - Anonym: Tierkörperbeseitigungsgesetz, Bundesgesetzblatt Teil 1, 2.9.1975

5 - Anonym: Atomgesetz, Bundesgesetzblatt Teil 1, vom 23.12.1959, zuletzt geändert durch Gesetz, Bundesgesetzblatt Teil 1, am 31.10.1976

6 - Anonym: ZfA Merkblatt Nr. 8 (Zentralstelle für Abfallbeseitigung): Die Beseitigung von Abfällen aus Krankenhäusern, Arztpraxen und sonstigen Einrichtungen des medizinischen Bereichs, Bundesgesundheitsblatt 17 (1974) 355-357

7 - Anonym: Anlage "Anforderungen der Hygiene an die Abfall entsorgung" zu Ziffer 6.8 der Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen, Bundesgesundheitsblatt 26 (1983) 24-25

8 - Anonym: DIN 58990 Blatt 1: Verbrennungsanlagen für Abfälle aus Kliniken, sonstigen Einrichtungen des Gesundheitswesens und Arztpraxen, Beuth - Verlag Berlin 1975

9 - Anonym: Allgemeine Dienstanweisung der Medizinischen Hochschule Hannover (1975) I/348

10 - Anonym: Erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 28.8.1974

11 - Anonym: Schwedisches Reichsnaturschutzamt: Die Behandlung von Abfällen im Krankenhaus, Az.-Nr. 460-1936-79 Tk, Bericht vom 30.3.1979

12 - Althaus,H.; Sauerwald,M. und Schrammeck,E.: Abfälle aus Krankenhäusern, Kuranstalten und Sanatorien, Zbl.Bakt.Hyg., I.Abt.Orig. B 178 (1983) 1-29

13 - Anna, O. und H. Klie: Beseitigung infektiöser Abfälle in Krankenhäusern - Ein Vorschlag zur wirtschaftlichen Lösung, Krankenhaus-Umschau 47 (1978) 171-172

14 - Barniske, L.: Beseitigung von krankenhausspezifischen Abfällen, Müll u. Abfall 10 (1978) 278-286

15 - Barniske, L.: Merkblatt M 8 der ZfA: Die Beseitigung von Abfällen aus Krankenhäusern, Arztpraxen und sonstigen Einrichtungen des medizinischen Bereichs, Krankenhaus 75 (1983) 67-72

16 - Block, S.S. und J.C. Netherton: Infectious hospital wastes: their treatment and sanitary disposal, in: Disinfection, Sterilization and Preservation (ed: Block, S.S.); 723 - 739 Lea and Febinger, Philadelphia 1977

17 - Böhm, O.H.: Autoklavierung oder Verbrennung? Krankenhaustechnik 7 (1981) 36-42

18 - Böhm, O.H. und A. Schmiedel: Die Abfallbeseitigung im Krankenhaus, Krankenhaus-Umschau 50 (1981) 469-480

19 - Burchinal, J.C.: A study of institutional solid wastes U.S. Environmental Protection Agency, Report No.: EPA-670/2-73-083 Washington 1973

20 - De Roos, R.L.: Environmental concerns in hospital waste disposal, I. Hospitals. J.A.H.A. 48 (1974) 120-123

21 - De Roos, R.L.: Environmental concerns in hospital waste disposal, II. Hospitals. J.A.H.A. 48 (1974) 88-93

22 - Förch, G. und C.F. Seyfried: Die Beseitigung von Krankenhausabfällen in städtischen Ballungsräumen, Umwelthygiene 25 (1974) 27-33

23 - Gaby, M.L.: Evaluation of health hazards associated with solid waste sewage sludge mixtures, final report on Environmental Protection Agency Contract No. 68-03-0128 1972, zitiert nach Gordon et.al.(27)

24 - Göttsching, H.: Infektionsgefährdung durch Haushaltsmüll, Städtehygiene 23 (1972) 141-144

25 - Göttsching, H.: Wie können pathogene Keime in den Hausmüll gelangen? Städtehygiene 23 (1972) 183-188

26 - Göttsching, H.: Krankheiten durch Müll - Vorschläge zur Abhilfe, Städtehygiene 23 (1972) 230-236

27 - Gordon, J.G.; N. Zank; K. Brooks; L.Cofone; H. Rubin; G. Canellos; R. Goldgraben und J.Cioffi: Disposal of hospital wastes containing pathogenic organisms, U.S. Army Medical Bioengineering Contract No. DAMD 17-78-C 8082 (1980) 61-70

28 - Greene, V.W.; D. Vesley; R.G. Bond and G.S. Michaelsen: Microbiological contamination of hospital air, I. Quantitative studies. II. Qualitative studies. Appl. Microbiol. 10 (1962) 561-571

29 - Hanks, T.G.: Solid waste disease relationships, National Center for Urban and Industrial Health. Publ.999-UIH-6 (1967)

30 - Hart,F.C.: Waste handling, Hospitals. J.A.H.A. 44 (1970) 80-83

31 - Hentschel, N.: Zur Problematik der Behandlung von Krankenhausabfall, Öff. Gesundh.-Wesen 43 (1981) 117-118

32 - Hueber, D.; Lausterer, W.; Sammet, D. und Wachter, J.: Ermittlung von Ausgangsdaten für die Planung eines überregionalen Beseitigungssystems für Krankenhausabfälle, Forschungsbericht 103 02 106, Umweltbundesamt, Berlin 1980

33 - Knoll, K.-H.: Abfallbeseitigung im Krankenhaus, Zbl.Bakt.Hyg., I.Abt.Orig. A 227 (1974) 522-525

34 - Knorr, M.: Problemes d´hygiene souleves par les ordures menageres, Rev. Suisse Hydrol. 17 (1955) 422-432

35 - Kumpf, W.; Maas, K.; Straub, H.: Handbuch der Müll- und Abfallbeseitigung, Erich Schmidt-Verlag, Berlin 1973

36 - Litsky, W.; Martin, J.W. und Litsky, B.Y.: Solid waste: a hospital dilemma, Am. J. of Nursing 72 (1972) 1841-1847

37 - Matthies, K.: Müllbeseitigung in Krankenanstalten, Städtehygiene 10 (1959) 109-116

38 - Michaelsen, G.S.: Waste handling, in: Proc.Nat.of institutionally acquired infections, USPHS Publ. 1188 , 65 - 69 Minneapolis 1963

39 - Negus, L.: Refuse disposal is part of a safety program, Modern Hospital 92 (1959) 134-138

40 - Oviatt, V.R.: Status report - Disposal of solid wastes, Hospitals. J.A.H.A. 42 (1968) 73-76

41 - Peterson, M.L. und Stutzenberger, F.J.: Microbiological Evaluation of Incinerator Operations, Applied Microbiology. 18 (1969) 8-13

42 - Reichelt, P.: Beseitigung von pathologischen bzw. infektiösen Abfällen sowie solchen mit hausmüllähnlichem Charakter, Wasser, Luft u. Betrieb 21 (1977) 47-49

43 - Reichelt, P.: Beseitigung von krankenhausspezifischen Abfällen und Sonderabfällen, Sanitär-Heizungstechn. 42 (1977) 69-72

44 - Sachs,L.: Angewandte Statistik, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 5.Auflage 1978

45 - Sander, J.: Hygienisch richtige Entsorgung des Krankenhauses, Krankenhaus 74 (1982) 258-261

46 - Schindel, H.-J.: Die Beseitigung von Krankenhausabfällen, Krankenhaus 71 (1979) 293-296

47 - Schindel, H.-J.: Hygienische Gesichtspunkte bei der Beseitigung von Krankenhausabfällen, Öff.Gesundh.-Wesen 44 (1982) 316-318

48 - Schreiber, M.: Hygienische Beseitigung von Krankenhausabfällen, Heilberufe 33 (1981) 219-220

49 - Small, W.E.: Solid waste: please burn, chop, compact or otherwise destroy this problem, Modern hospital 117 (1971) 100-110

50 - Steuer, W.: Hygienische Aspekte des krankenhausspezifischen Mülls, Öff.Gesundh.-Wesen 43 (1981) 267-271

51 - Swatek, P. und Rimmasch, G.: Beseitigung krankenhausspezifischer Abfälle, Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk Essen 1979

52 - Wallace, L.P.; Zaltzman, R. und Burchinal, J.C.: Where solid waste comes from; where it should go, Modern Hospital 118 (1972) 92-95

53 - Weintraub, B.S. und Kern, H.D.: Wet grinding units tested for disposal of hospital solid wastes, J. Environm. Health 33 (1971) 338-345

Lebenslauf

Geboren	am 03.01.1952 in Darmstadt
1958-1962	Besuch der Grundschule in Darmstadt
1962-1971	Besuch des Gymnasiums "Viktoriaschule" in Darmstadt, Mathematisch-Naturwissenschaftlicher Zweig, abgeschlossen mit der allgemeinen Hochschulreife
1971-1973	Praktikum zum pharmazeutischen Vorexamen in Darmstadt, abgeschlossen als Apothekerassistentnin
1973-1974	Tätigkeit als Apothekerassistentin in Darmstadt und Berlin
1974	Immatrikulation an der Freien Universität Berlin, Fachbereich Biologie
1977	Diplomvorprüfung in Biologie
1977-1979	Studentische Tutorin am Institut für Biophysik der Freien Universität Berlin Anfertigung der Diplomarbeit am Institut für Biophysik der Freien Universität Berlin unter Anleitung von Priv.Doz.Dr.U.Reichelt
1978	Immatrikulation an der Freien Universität Berlin, Fachbereich Medizin
1979	Diplomhauptprüfung in Biologie, Abschluß als Diplombiologin
1980	Ärztliche Vorprüfung
1981	Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung
1982	Beginn der Doktorarbeit am Institut für Allgemeine Hygiene der Freien Universität Berlin unter Anleitung von Prof.Dr.H.Rüden
1983	Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung
1983-1984	Praktisches Jahr, Wahlfach Pädiatrie
1984	Dritter Abschnitt der ärzlichen Prüfung Approbation

Die vorliegende Arbeit wurde unter Anleitung von Prof. Dr.med. H. Rüden vom Institut für Allgemeine Hygiene der Freien Universität Berlin durchgeführt. Ich danke ihm für die Überlassung des Themas und für die hilfreiche Diskussion während der Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt Dr.rer.nat. G. Kalnowski vom Fachgebiet Hygiene der Technischen Universität Berlin für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes und die Unterstützung bei der praktischen Durchführung der Arbeit sowie Frau Sedlmaier für die ausgezeichnete technische Assistenz.

Papyrus-Druck GmbH Berlin ☎ 3416451
Dissertationen